



# **ESPE**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS**  
**INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

**DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

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

**AUTOR: TUTILLO TAIPE JOHN OSWALDO**

**TEMA: 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.**

**DIRECTOR: ING. MAURICIO CRUZ**

**CODIRECTOR: ING. JUAN ROCHA**

**LATACUNGA, AGOSTO 2014**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE  
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**CERTIFICADO**

Ing. Mauricio Cruz (DIRECTOR)

Ing. Juan Rocha (CODIRECTOR)

**CERTIFICAN**

El presente proyecto denominado “**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**”, realizado por John Oswaldo Tutillo Taipe, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple con normas y estatutos establecidos por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.

Debido a que es un proyecto de excelente calidad y contenido científico que servirá para la enseñanza/aprendizaje y a la aplicación de conocimientos por lo que si recomendamos su publicación.

El mencionado trabajo consta de UN documento empastado y UN disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat.

Autorizan a Tutillo Taipe John Oswaldo que lo confieran al Ing. Juan Castro, en su calidad de Director de la Carrera.

Latacunga, Agosto del 2014.

---

Ing. Mauricio Cruz

DIRECTOR

---

Ing. Juan Rocha

CODIRECTOR

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE  
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ  
**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

YO: JOHN OSWALDO TUTILLO TAIPE

**DECLARO QUE:**

El presente proyecto denominado “**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**” ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva y detallada, respetando derechos intelectuales de autor, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Agosto del 2014.

---

John Oswaldo Tutillo Taipe

CI: 050298608-6

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE  
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**AUTORIZACIÓN**

Yo: John Oswaldo Tutillo Taipe

Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE para que publique en la biblioteca virtual de la institución el trabajo denominado **“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”** en el que se encuentra contenido, ideas y criterios que hemos desarrollado bajo nuestra exclusiva autoría.

Latacunga, Agosto del 2014.

---

John Oswaldo Tutillo Taipe

CI: 050298608-6

## DEDICATORIA

A mi familia por su inmenso amor y apoyo incondicional.

A Dios y a la Virgen Santísima del Quínche por concederme la oportunidad de vivir, guiarme por el buen camino, darme fortaleza para saber afrontar toda adversidad y sobre todo por regalarme una familia maravillosa.

A ti madre Etelvina, por tu infinito amor a quien siempre admiro por la forma de afrontar la vida, pues hiciste todo el sacrificio para que yo pudiera cumplir mi sueño.

A ti padre Oswaldo por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba.

A ti Nathaly que con tu paciencia, comprensión, y cariño me inspiraste a ser mejor para tí.

A ti hija mía Camila Alejandra que llegaste a mi vida para iluminar mi sendero y de esta manera llenarla de mucha alegría.

A ustedes hermanas Gloria, Lilián, Ximena y Karina por ser la motivación a ser cada día mejor.

## AGRADECIMIENTO

*A* mis tutores, compañeros y amigos

que hicieron posible terminar un ciclo

y el presente trabajo académico.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA .....	i
CERTIFICADO.....	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD .....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xx
RESUMEN .....	xxi
ABSTRACT.....	xxii
CAPÍTULO I.....	1
1 GENERALIDADES DEL PROYECTO.....	1
1.1 TEMA.....	1
1.2 OBJETIVOS .....	1
1.2.1 GENERAL.....	1
1.2.2 ESPECÍFICOS.....	1
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	2
1.4 INTRODUCCIÓN .....	3
1.4.1 VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.....	3
1.4.2 HISTORIA DE LAS MOTOS ELÉCTRICAS.....	4
1.4.3 TIPOLOGÍAS DE MOTOCICLETAS .....	5
a. CICLOMOTORES.....	5
b. SCOOTER .....	6
c. CUSTOM.....	6
d. DEPORTIVAS .....	7

e.	SPORT TOURING .....	7
f.	TOURING.....	8
g.	ENDURO.....	9
h.	TRAIL.....	9
1.5	ANÁLISIS DE MERCADO.....	10
1.5.1	SEGMENTO EN MERCADOS INTERNACIONALES .....	10
1.5.2	MERCADO ACTUAL ECUATORIANO.....	11
a.	VENTAS EN UNIDADES POR EL PAÍS DE ORIGEN .....	12
b.	VENTA DE UNIDADES POR SEGMENTO.....	13
c.	VENTA DE UNIDADES POR PROVINCIAS .....	13
d.	VENTA DE UNIDADES POR MARCA .....	14
1.5.3	VISIÓN ESTRATÉGICA PARA EL DISEÑO.....	14
CAPÍTULO II.....		16
2	MARCO TEÓRICO .....	16
2.1	GEOMETRÍA Y ESQUEMA BÁSICO DE LA MOTOCICLETA ELÉCTRICA .....	16
2.1.1	GEOMETRÍA DE LA MOTOCICLETA ELÉCTRICA .....	16
2.1.2	ESQUEMA BÁSICO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA ....	18
2.2	FACTORES PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA PROPULSOR.....	19
2.2.1	FUERZAS RESISTENTES DE UNA MOTOCICLETA. ....	19
2.2.2	FUERZA DE RESISTENCIA A LA RODADURA EN UNA MOTOCICLETA. ....	20
a.	INTERACCIÓN DEL NEUMÁTICO CON EL SUELO.....	20
b.	COMPORTAMIENTO EN TRACCIÓN.....	21
c.	MOMENTO DE RODADURA.....	22
d.	VALORES EMPÍRICOS PARA EL CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE ROZAMIENTO ( $f_w$ ). ....	24



2.2.3	FUERZAS Y MOMENTOS AERODINÁMICOS EN UNA MOTOCICLETA. ....	25
a.	RESISTENCIA AERODINÁMICA AL AVANCE, <i>DRAG FORCE</i> (FD). ....	26
b.	CARACTERÍSTICA AERODINÁMICA DE MOTOCICLETA.....	28
2.2.4	FUERZA RESISTENTE CAUSADA POR LA INCLINACIÓN DEL PLANO DE LA CARRETERA (FP).....	28
2.2.5	LA POTENCIA Y LAS RESISTENCIAS AL MOVIMIENTO.....	29
2.3	SISTEMA DEL TREN MOTRIZ.....	29
2.3.1	MOTOR ELÉCTRICO. ....	30
a.	VENTAJAS EN VEHÍCULOS ELÉCTRICOS. ....	30
b.	MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA (DC).....	31
c.	CURVAS CARACTERÍSTICAS DE UN MOTOR DC. ....	31
d.	POTENCIA/TORQUE Y POTENCIA /VELOCIDAD ANGULAR .	33
2.3.2	VARIADORES O CAMBIOS AUTOMÁTICOS CVT .....	34
a.	CVT DE DIÁMETRO VARIABLE (VDP).....	34
b.	FUNCIONAMIENTO DE CVT DE DIÁMETRO VARIABLE (VDP). ....	35
2.3.3	NEUMÁTICOS. ....	41
2.3.4	ELEMENTOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS.....	42
a.	ELEMENTOS DE CONTROL.....	42
b.	ELEMENTOS DE ACTIVACIÓN .....	43
c.	ELEMENTOS DE CONEXIÓN. ....	44
d.	ELEMENTOS DE SEGURIDAD.....	45
2.3.5	BATERÍAS. ....	45
a.	DEFINICIÓN .....	45
b.	AUTONOMÍA Y CICLOS DE CONDUCCIÓN .....	46
c.	GASTO DE ENERGÍA.....	48

2.4	GRADO DE PROTECCIÓN IP.....	49
2.4.1	NOMENCLATURA ESTÁNDAR IEC 941.....	49
2.5	ESTUDIO CARACTERÍSTICO DE UNA DE MOTOCICLETA ELÉCTRICA.....	50
2.5.1	MOTOCICLETA URBANA.....	50
2.5.2	CARACTERÍSTICAS GENERALES VECTRIX.....	51
CAPÍTULO III.....		53
3	DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL TREN MOTRIZ.....	53
3.1	PREDICCIÓN DE PRESTACIONES.....	53
3.2	CONSIDERACIONES EN LA PREDICCIÓN DE PRESTACIONES DE UNA MOTOCICLETA.....	54
3.3	ANÁLISIS ESTÁTICO DE LA MOTOCICLETA.....	55
3.3.1	DATOS GENERALES.....	55
3.3.2	ANÁLISIS RESISTENCIAS AL MOVIMIENTO.....	55
a.	RESISTENCIA A LA RODADURA.....	55
b.	RESISTENCIA AVANCE AERODINÁMICA.....	56
c.	RESISTENCIA DE LA PENDIENTE.....	57
d.	ANÁLISIS CONJUNTO.....	58
3.3.3	POTENCIA REQUERIDA.....	59
3.4	SELECCIÓN DEL MOTOR PARA EL ANÁLISIS.....	61
3.4.1	DATOS DEL MOTOR SELECCIONADO.....	62
3.4.2	ANÁLISIS DEL MOTOR SELECCIONADO.....	63
3.4.3	DETERMINACIÓN DE LA CURVA CARACTERÍSTICA PAR VELOCIDAD.....	64
3.5	SELECCIÓN DE LA TRANSMISIÓN PARA EL ANÁLISIS.....	67
3.5.1	CONDICIONES DE DISEÑO Y CÁLCULOS DE SELECCIÓN..	67
a.	ESTUDIO DE CVT “JOY-150”.....	68

b.	MODIFICACIÓN CVT “JOY – 150” .....	71
c.	RANGO DE RELACIONES DE TRANSMISIÓN DE CVT “ JOY-150” .....	72
3.6	SELECCIÓN DE LOS NEUMÁTICOS PARA EL ANÁLISIS .....	74
3.6.1	NEUMÁTICO POSTERIOR.....	74
3.6.2	NEUMÁTICO DELANTERO.....	75
3.7	MOTOR Y CVT FRENTE DESPLAZAMIENTO DEL VEHÍCULO.....	76
3.7.1	VELOCIDAD ANGULAR MÁXIMA DE LA RUEDA Y PAR RESISTENTE.....	77
3.7.2	RELACIONES VELOCIDAD – VOLTAJE – TORQUE CORRIENTE .....	79
3.8	SELECCIÓN DE ELEMENTOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS PARA EL ANÁLISIS.....	81
3.8.1	SISTEMA DE CONTROL.....	81
a.	SELECCIÓN DEL CONTROLADOR.....	81
b.	SELECCIÓN DE LA PALANCA DE CONTROL .....	84
3.8.2	SISTEMA DE ACCIONAMIENTO .....	84
a.	SELECCIÓN DEL CONTACTOR.....	84
b.	SELECCIÓN DEL INTERRUPTOR.....	85
3.8.3	SISTEMA DE CONEXIÓN .....	85
a.	SELECCIÓN DE LOS CABLES .....	85
3.9	SELECCIÓN DE BATERÍAS.....	86
3.9.1	CICLO URBANO.....	87
3.9.2	CICLO INTERURBANO .....	88
3.9.3	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS. ....	89
3.9.4	ANÁLISIS DE LA SELECCIÓN DE UN TIPO DE BATERÍA .....	89
	CAPÍTULO IV.....	92

4	IMPLEMENTACIÓN DE LA MOTOCICLETA ELÉCTRICA PLEGABLE .....	92
4.1	ENSAMBLE DEL TREN MOTRIZ .....	92
4.1.1	SISTEMA MECÁNICO .....	93
a.	MONTAJE DE LA BASE DEL MOTOR Y BASE DEL CVT .....	93
b.	MONTAJE DEL MOTOR.....	103
c.	MONTAJE DEL CVT .....	104
d.	MONTAJE DEL NEUMÁTICO TRASERO .....	106
e.	DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO (FLOW SHEET) .....	107
4.1.2	SISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO.....	109
a.	CIRCUITO DE BATERÍAS .....	109
b.	CIRCUITO DE CONTROL .....	110
c.	DISEÑO DE PROCESOS .....	112
4.1.3	ENSAMBLE CON LA CARROCERÍA Y CHASIS.....	112
4.2	ENSAMBLE CON EL SISTEMA DE FRENADO, SUSPENSIÓN, DIRECCIÓN Y PLEGADO .....	113
	CAPÍTULO V.....	115
5	PROTOCOLO DE PRUEBAS .....	115
5.1	MODO DE FUNCIONAMIENTO .....	115
5.1.1	DEL SISTEMA ELÉCTRICO .....	116
5.1.2	DEL SISTEMA PLEGABLE .....	117
5.2	PRUEBAS.....	119
5.2.1	EN ESTADO ESTÁTICO.....	119
a.	DE LA CARROCERÍA Y CHASIS .....	119
b.	DEL TREN MOTRIZ.....	120
c.	DEL SISTEMA DE FRENADO, SUSPENSIÓN, DIRECCIÓN Y PLEGADO .....	121
5.2.2	EN RUTA PARA EL SISTEMA DE TRACCIÓN .....	122

a.	AUTONOMÍA .....	122
b.	VELOCIDAD .....	127
5.3	ANÁLISIS COMPARATIVO MOTOCICLETA ELÉCTRICA – GASOLINA.....	128
5.3.1	CONSUMO DE ENERGÍA .....	128
5.3.2	IMPACTO AMBIENTAL .....	129
5.3.3	ESTACIONAMIENTO .....	130
5.4	INTERPRETACIÓN Y VALIDACIÓN DE RESULTADOS. ....	131
	CONCLUSIONES .....	132
	RECOMENDACIONES.....	134
	BIBLIOGRAFÍA.....	135
	NETGRAFÍA .....	136
	ANEXOS .....	137

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Parque automotor 2013 .....	11
Tabla 1.2	Ventas en unidades por país de origen .....	12
Tabla 1.3	Ventas en unidades por tipo .....	13
Tabla 1.4	Ventas en unidades por provincia .....	13
Tabla 1.5	Ventas en unidades por marca .....	14
Tabla 2.1	Valores del producto CD en varios tipos de motocicletas. ....	28
Tabla 2.2	Valores referenciales de Af para motocicletas .....	28
Tabla 3.1	Parámetros de resistencias al movimiento.....	58
Tabla 3.2	Parámetros para construir la gráfica de la potencia .....	60
Tabla 3.3	Características técnicas de un PM132 tipo Brush DC.....	63
Tabla 3.4	Valores de velocidad y torque.....	65
Tabla 3.5	Potencia calculada .....	65
Tabla 3.6	Comparación para selección de CVT.....	68
Tabla 3.7	Datos técnicos CVT .....	69
Tabla 3.8	Características técnicas de Twist-Grip Throttle.....	84
Tabla 3.9	Características técnicas de contactor .....	85
Tabla 3.10	Características técnicas de interruptor.....	85
Tabla 3.11	Características técnicas ORANGE WELDING CABLE 4 AWG..	86
Tabla 3.12	Energía consumida para incrementar la velocidad, SU .....	87
Tabla 3.13	Energía para el mantenimiento de velocidad, SU .....	87
Tabla 3.14	Energía consumida para incrementar la velocidad, SI .....	88
Tabla 3.15	Energía mantenimiento de velocidad, SI.....	88
Tabla 3.16	Comparativa de distintas baterías.....	91
Tabla 4.1	Parámetros de la base del motor .....	95
Tabla 4.2	Parámetros del soporte para la rueda.....	97

Tabla 4.3	Parámetros del porta centrífugos .....	100
Tabla 4.4	Parámetros del soporte del basculante .....	102
Tabla 4.5	Diagrama de proceso de ensamble mecánico .....	108
Tabla 4.6	Diagrama de proceso del ensamble eléctrico motriz.....	112
Tabla 5.1	Longitud de la motocicleta .....	120
Tabla 5.2	Peso de la motocicleta .....	122
Tabla 5.3	Comprobación de autonomía en ruta, fase 1 .....	124
Tabla 5.4	Comprobación de autonomía en ruta, fase 2 .....	125
Tabla 5.5	Velocidad de la motocicleta en ruta .....	127
Tabla 5.6	Precios oficiales y octanaje de combustibles .....	128
Tabla 5.7	Precios oficiales kilowatio hora .....	129
Tabla 5.8	Comparación de impacto ambiental.....	129

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Venta de vehículos de combustión y eléctricos .....	4
Figura 1.1	Ciclomotor Daelim 50cc .....	6
Figura 1.2	Scooter Vespa 125 .....	6
Figura 1.3	Motocicleta tipo custom, Harley Davison Iron 883cc.....	7
Figura 1.4	Motocicleta tipo deportiva .....	7
Figura 1.5	Motocicleta tipo sport touring .....	8
Figura 1.6	Motocicleta tipo touring .....	8
Figura 1.7	Motocicleta tipo enduro.....	9
Figura 1.8	Motocicleta tipo trail .....	10
Figura 1.9	Segmentación por tipo, Italia 2010.....	10
Figura 1.10	Segmentación por tipo, EE.UU. 2010 .....	11
Figura 2.1	Geometría de una motocicleta .....	16
Figura 2.2	Esquema básico de una motocicleta eléctrica .....	18
Figura 2.3	Motocicleta esquema .....	18
Figura 2.4	Fuerzas resistentes que actúan en una motocicleta .....	20
Figura 2.5	Radio efectivo de giro de la rueda .....	21
Figura 2.6	Presiones de contacto y fuerzas de neumático .....	22
Figura 2.7	fw, respecto a la presión de inflado y velocidad de avance .....	24
Figura 2.8	Fuerzas y momentos aerodinámicos .....	25
Figura 2.9	Motocicleta totalmente carenada .....	26
Figura 2.10	Fuerza aerodinámica y coeficiente de forma CD .....	27
Figura 2.11	Torque vs velocidad.....	32
Figura 2.12	Potencia, distintas condiciones.....	33
Figura 2.13	Torque y potencia vs. velocidad .....	34
Figura 2.14	Polea inductora.....	36



Figura 2.15	Polea de salida. ....	36
Figura 2.16	Variador en corte .....	37
Figura 2.17	Embrague en corte .....	38
Figura 2.18	Posición inicial de poleas.....	40
Figura 2.19	Posición máxima de Poleas.....	40
Figura 2.20	Neumático y denominación.....	42
Figura 2.21	Controlador .....	42
Figura 2.22	Función del controlador .....	43
Figura 2.23	Ciclo ECE R40.....	46
Figura 2.24	Ciclo urbano ECE R40.....	47
Figura 2.25	Ciclo interurbano ECE R40.....	47
Figura 2.26	Scooter clásica Vespa marca Piaggio, 1947.....	50
Figura 2.27	Motocicleta Vectrix. VX-1 Li/Li+ .....	51
Figura 3.1	fw en función de la velocidad.....	55
Figura 3.2	Fw vs velocidad .....	56
Figura 3.3	FD vs velocidad .....	57
Figura 3.4	RFP2 vs velocidad.....	58
Figura 3.5	Fuerzas resistentes al movimiento.....	59
Figura 3.6	Potencia requerida.....	60
Figura 3.7	Diagramas comparativos de fuerzas y potencias .....	61
Figura 3.8	Motor PMG 132.....	63
Figura 3.9	Curva par-velocidad PMG 132 DC motor a 48 V .....	65
Figura 3.10	Potencia mecánica con la velocidad.....	66
Figura 3.11	Potencia y par, con la velocidad .....	67
Figura 3.12	Centrífugo trasero modificado.....	71
Figura 3.13	Ferodos modificados.....	72
Figura 3.14	Neumático trasero.....	75

Figura 3.15	Neumático delantero.....	76
Figura 3.16	Desplazamiento del vehículo y motor a 50km/h .....	79
Figura 3.17	Datos finales .....	80
Figura 3.18	Diagrama eléctrico del controlador .....	82
Figura 3.19	Diagrama lógico del controlador .....	83
Figura 3.20	Cable alta tensión .....	86
Figura 4.1	Base del motor.....	93
Figura 4.2	Base del motor mallado .....	94
Figura 4.3	Base del motor y apoyos .....	95
Figura 4.4	Elemento basculante .....	96
Figura 4.5	Elemento basculante mallado.....	96
Figura 4.6	Elemento basculante y apoyos .....	97
Figura 4.7	Base del motor junto al elemento basculante .....	98
Figura 4.8	Base del CVT.....	98
Figura 4.9	Base del CVT mallada .....	99
Figura 4.10	Base del CVT y apoyos .....	99
Figura 4.11	Base del motor junto al elemento basculante y CVT .....	100
Figura 4.12	Soporte del basculante .....	101
Figura 4.13	Soporte del basculante mallado.....	101
Figura 4.14	Soporte del basculante y apoyos.....	102
Figura 4.15	Bases del tren motriz .....	103
Figura 4.16	Motor eléctrico .....	104
Figura 4.17	Bases y motor modelados .....	104
Figura 4.18	Elementos del CVT .....	105
Figura 4.19	Grupo motriz modelado .....	105
Figura 4.20	Grupo motriz .....	106
Figura 4.21	Neumático trasero.....	106

Figura 4.22	Tren motriz completo modelado .....	107
Figura 4.23	Tren motriz completo .....	108
Figura 4.24	Circuito de baterías.....	109
Figura 4.25	Distribución baterías .....	110
Figura 4.26	Circuito de control.....	111
Figura 4.27	Distribución de elementos eléctricos.....	111
Figura 4.28	Carrocería.....	113
Figura 4.29	Suspensión trasera.....	113
Figura 4.30	Modelado motocicleta .....	114
Figura 4.31	Propuesta final.....	114
Figura 5.1	Ubicación de los elementos del sistema eléctrico motriz .....	117
Figura 5.2	Interfaz principal APP .....	117
Figura 5.3	Ubicación de los elementos del plegado.....	119
Figura 5.4	Longitud de la motocicleta .....	119
Figura 5.5	Peso de la motocicleta.....	120
Figura 5.6	Sonómetro activado .....	121
Figura 5.7	Ángulo de lanzamiento .....	121
Figura 5.8	Pruebas en los patios de la institución.....	124
Figura 5.9	Pruebas en la ciudad .....	125
Figura 5.10	Voltaje vs tiempo.....	126
Figura 5.11	Voltaje vs velocidad .....	126
Figura 5.12	Prueba en las calles de Latacunga.....	127
Figura 5.13	Espacio de aparcamiento en Latacuga.....	130
Figura 5.14	Estacionamiento de la motocicleta.....	130
Figura 5.15	Protocolo de prueba.....	131

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ec. 2.1	Segunda ley de Newton.....	19
Ec. 2.2	Radio efectivo. ....	20
Ec. 2.3	Radio bajo carga para un neumático de motocicleta. ....	21
Ec. 2.4	Momento de rodadura del neumático. ....	22
Ec. 2.5	Resistencia a la rodadura de los dos neumáticos.....	23
Ec. 2.6	Resistencia a la Rodadura.....	23
Ec. 2.7	fw para velocidades menores que 165Km/h. ....	24
Ec. 2.8	Fuerza aerodinámica al avance.....	27
Ec. 2.9	Fuerza resistente efecto de la pendiente. ....	29
Ec. 2.10	Determinación de la potencia. ....	29
Ec. 2.11	Par ME. a una velocidad determinada. ....	32
Ec. 2.12	Velocidad ME. a un par determinado.....	32
Ec. 2.13	Potencia ME. a una velocidad determinada.....	33
Ec. 2.14	Potencia ME. a un par determinado.....	33
Ec. 2.15	Fuerza del muelle. ....	38
Ec. 2.16	Fuerza de los rodillos.....	38
Ec. 2.17	Relación diámetro – velocidad.....	39
Ec. 2.18	Relación de transmisión en poleas. ....	39
Ec. 2.19	Gasto de energía .....	48
Ec. 2.20	Energía requerida. ....	49
Ec. 3.1	Selección del controlador.....	82
Ec. 3.2	Capacidad batería para 5 h .....	90
Ec. 3.3	Capacidad batería .....	90
Ec. 3.4	Masa de batería .....	90
Ec. 5.1	Autonomía de motocicleta .....	123

## **RESUMEN**

La continua evolución de la sociedad obliga a que los futuros profesionales busquen nuevos e innovadores productos que satisfagan las necesidades de la comunidad, con un nuevo enfoque en cuanto a su diseño e impacto ambiental. El presente proyecto tiene el objetivo de diseñar e implementar en una motocicleta, un tren motriz con un motor eléctrico y transmisión CVT, para ayudar a la reducción de la contaminación vehicular en la ciudad de Latacunga. En la actualidad los combustibles fósiles: petróleo, carbón y gas natural, son los suministros de energía mundial en un 80%, nuestra sociedad ha evolucionado a pasos agigantados gracias a esta energía, sin embargo es necesario pensar en el uso de energías renovable contribuyendo de esta manera reducir el impacto ambiental generado por los vehículos con motor de combustión interna. La información recopilada contiene información del impacto vehicular en el país enfocándose en las motocicletas, así como también los parámetros fundamentales de su geometría. Se predice las prestaciones que debe tener la motocicleta, realizando los cálculos matemáticos necesarios para seleccionar los componentes adecuados para el tren motriz empleando el software Matlab R2010a y Microsoft Excel. Se incluye además el ensamble realizado en Inventor junto a la fotografía de los productos manufacturados, los modos de funcionamiento analizando elemento a elemento y proceso a proceso, pruebas en estado inmóvil y en ruta; y, finalmente el análisis comparativos del motor eléctrico-combustión en cuanto a consumo de energía, impacto ambiental y aparcamiento.

### **PALABRAS CLAVE:**

Ingeniería Automotriz / Vehículos Biplaza Ecológicos / Motocicletas Eléctricas de Transmisión Automática

## **ABSTRACT**

The continuing evolution of society requires that future professionals seeking new and innovative products that meet the needs of the community with a new approach to the design and environmental impact. This project aims to design and implement on a motorcycle, a powertrain with an electric motor and CVT transmission to help reduce vehicular pollution in the city of Latacunga. Currently fossil fuels: petroleum, coal and natural gas, are the world's energy supply by 80 % our society has evolved by leaps and bounds thanks to this power is however necessary to consider the use of renewable energies contributing thereby reducing the environmental impact by vehicles with internal combustion engine. The information collected contains information from vehicular impact on the country focusing on motorcycles, as well as the fundamentals of geometry. Benefits that should have bikes, doing the math necessary to select the right components for the powertrain using the Matlab R2010a and Microsoft Excel software is predicted. Also included is the assembly made in Inventor with the photograph of the manufactured products, the operation modes and element by element analyzing process process in stationary state tests and en route; and finally the comparative analysis of the electric - combustion engine in terms of energy consumption, environmental impact and parking.

## **KEY WORDS:**

Automotive Engineering / Biplaza Ecological Vehicles / Electric Motorcycles - Automatic Transmission

## **CAPÍTULO I**

### **1 GENERALIDADES DEL PROYECTO**

#### **1.1 TEMA**

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.

#### **1.2 OBJETIVOS**

##### **1.2.1 GENERAL**

Diseñar e implementar el 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.

##### **1.2.2 ESPECÍFICOS**

- Recopilar datos técnicos, información y descripción de los componentes que conforman el tren motriz de la motocicleta eléctrica plegable.
- Seleccionar los componentes del tren motriz con las características aptas, para su implementación.
- Implementar el tren motriz junto a los demás sistemas en la motocicleta.
- Validar el proyecto mediante un análisis estadístico comparativo.

- Ser un precedente de innovación y ejemplo para los futuros profesionales de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga y comunidad en general.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

Ante las condiciones actuales del planeta y las exigentes normas ambientales, se hace necesario aprovechar las energías limpias y renovables, por lo que es invidente diseñar un vehículo eléctrico.

Además es necesario tener en cuenta que las vías urbanas de las principales ciudades del Ecuador, se saturan provocando un caos vehicular, en Latacunga esto no deja de ser un problema, pues todo está concentrado en el centro de la ciudad, instituciones bancarias, entidades públicas, institutos de educación primaria, secundaria y superior, entre otras entidades, a esto se suma la estrechez de las vías y la falta de espacios para estacionar los vehículos, por lo que la importancia de diseñar un vehículo pequeño y monoplaza es incuestionable, siendo la motocicleta o *riding car*, el medio de transporte ideal para el medio urbano, pues permite a los consumidores transportarse de una manera ágil y rápida.

El motor de un vehículo independientemente de cual sea su fuente de energía es el responsable de brindar el torque y la potencia a la transmisión, para que esta a su vez la dirija hacia los neumáticos. Es decir si tiene una transmisión adecuada se aprovecha toda la energía proveniente del motor, en la actualidad la ventaja de la desmultiplicación que ofrece la transmisión CVT, es la más ideal.

Muchos gobiernos están dando la apertura para que los vehículos actuales trabajen con energías limpias y renovables, en noviembre del 2011, en Ecuador la marca japonesa Nissan introdujo los primeros vehículos con esta tecnología, siendo un plan piloto del Ministerio Coordinador de la



Producción, con la finalidad de reducir los efectos nocivos de la gasolina en el medio ambiente.

El medio ambiente, la necesidad de usar nuevas energías y el caos vehicular, son factores por los cuales es de mucha importancia diseñar e implementar en una motocicleta el tren motriz eléctrico con transmisión CVT.

## **1.4 INTRODUCCIÓN**

### **1.4.1 VEHÍCULOS ELÉCTRICOS**

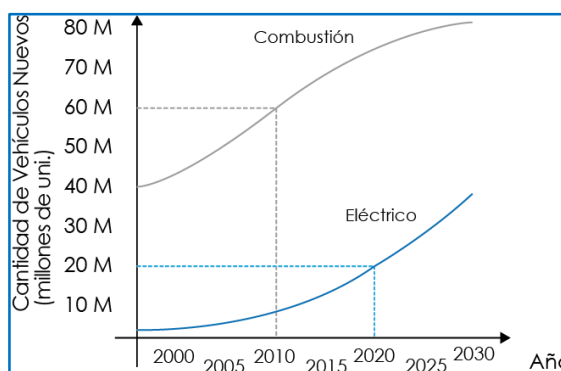
Los vehículos eléctricos tienen un sin número de ventajas frente a los impulsados por otras formas de energía, una de las ventajas sobresalientes al emplear energías renovables es que se consigue actuar de una manera sostenible y responsable con el medioambiente, contribuyendo de esta manera a enaltecer 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.

Las ventajas de utilizar energía eléctrica radican en que se disminuye la tan costosa y peligrosa dependencia del petróleo. La energía eléctrica puede ser generada a partir de gas natural, petróleo, energía solar, eólica, hidráulica, biomasa, geotérmica o nuclear, o una combinación de ellas.

Se planea que para el 2016, el Ecuador sea un potente generador de energía eléctrica a base de energía hidráulica, gracias a la construcción de 8 nuevas hidroeléctricas ubicadas a lo largo del país. Es decir las condiciones futuras de la obtención de energía incrementa la viabilidad de los vehículos eléctricos.

Por todo lo mencionado anteriormente, ya son muchas las empresas que se han aventurado a fabricar vehículos eléctricos (véase Figura 1.1), se puede visualizar como se incrementa la venta de Vehículos Eléctricos y como la

curva de ventas de vehículos de combustión tiende a permanecer constante, para el 2030.<sup>1</sup>



**Figura 1.1 Venta de vehículos de combustión y eléctricos**  
Fuente: Fuelling Europe's Future

## 1.4.2 HISTORIA DE LAS MOTOS ELÉCTRICAS

Las motocicletas eléctricas estaban disponibles desde 1911, de acuerdo con la revista "Popular Mechanics", y su artículo explicativo. En el año de 1920, Ransomes, un fabricante actual de carretillas elevadoras, exploró el uso de una motocicleta con motor eléctrico. Este y otros acontecimientos ayudaron a pavimentar el camino de la empresa a utilizar los coches eléctricos mineros.<sup>2</sup>

En 1921, la Empresa de Transmisión Eléctrica Automática de Buffalo, Nueva York, construyó un vehículo llamado Automatic Electric. Este fue un pequeño "dos asientos" con una velocidad máxima de 18 kilómetros por hora y un alcance de 75km por carga. Tenía 1651mm entre ejes y pesaba 408kg. Se vendió por 1.200 dólares.

En 1941, el racionamiento de combustible en la Europa ocupada alentó a la empresa austriaca Socovel para crear una motocicleta eléctrica pequeña.

<sup>1</sup> Fuelling Europe's Future, sf, Motores de Combustión-Motores Eléctricos. Recuperado de <http://www.fuellingeuropesfuture.eu/es/el-refino-en-europa/economia-del-refino/motores-de-combustion-motores-electricos>

<sup>2</sup> Piccardo, José 2012. Vehículo Eléctrico de Producción Nacional. Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Industrial. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo. Buenos Aires, Argentina

Aproximadamente 400 fueron fabricadas. En 1973, Mike Corbin establece la primera motocicleta eléctrica tierra récord de velocidad de 118km/h. En 1974, Corbin-Gentry, Inc., comenzó la venta de motocicletas eléctricas.

A finales del año 1990, Scott Cronk y EMB EMB Lectra creó el VR24 moto eléctrica. Esta máquina fue pionera en el uso de motores de reluctancia variable 2001, "Vogelbilt Corporation" produce el primer prototipo de "Electra Cruiser", con una velocidad de 95km/h y una aceleración de 80km/h en 6 a 8 segundos. Un motor de 120V y 200W.<sup>3</sup>

Los logros realizados hasta el momento deben ser mejorados. Se intenta superar la autonomía, innovando sobre la tecnología de las baterías y su sistema regenerativo.

En la actualidad los diseños están enfocándose en motocicletas para el sector urbano, donde se maneje con restricciones de velocidad, se controle mucho más la emisión de contaminantes, y se mejore la tecnología de las baterías y su recarga rápida.

### **1.4.3 TIPOLOGÍAS DE MOTOCICLETAS**

Dentro de las tipologías presentes en el mercado internacional, las mismas que varían desde sus aspectos de diseño hasta las prestaciones que desarrollan, a continuación se cita los tipos más importantes, con un grupo de características importantes

#### **a. CICLOMOTORES**

- Cilindrada hasta 50 cc y velocidad máxima a 45 Km/h.
- Ideales para desplazamiento por ciudad y zonas urbanas.

---

<sup>3</sup> Piccardo, José 2012. Vehículo Eléctrico de Producción Nacional. Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Industrial. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo. Buenos Aires, Argentina



**Figura 1.1 Ciclomotor Daelim 50cc**  
Fuente: Daelim. Recuperado de [www.daelim.es](http://www.daelim.es)

## b. SCOOTER

- Similares a los ciclomotores en relación al tamaño, carenado, manejabilidad y protección de piernas así como en el bajo consumo.
- Usadas para trasportación de personas y mercancías.
- Ruedas de pequeña sección 10 in máximo.
- Modelos con más de 250cc se les encuadra como mega scooters o maxi scooters.



**Figura 1.2 Scooter Vespa 125**  
Fuente: Vespa. Recuperado de [www.vespa.com](http://www.vespa.com)

## c. CUSTOM

- Personalizadas en serie. Se diseñan en función de su imagen y estética, mas no por sus prestaciones y comportamiento dinámico.

- Simbolizan la personalidad del dueño y manifestación de sus gustos.



**Figura 1.3 Motocicleta tipo custom, Harley Davison Iron 883cc**  
**Fuente:** Harley Davidson. Recuperado de [www.harley-davidson.com](http://www.harley-davidson.com)

#### **d. DEPORTIVAS**

- Diseñadas según los modelos de competición.
- Elevada relación peso potencia.
- Se encuentran desde pequeñas entre 100cc y 150cc.
- Hasta las súper-sport con motores de 1000cc a 1400 cc.



**Figura 1.4 Motocicleta tipo deportiva**  
**Fuente:** Kawasaki. Recuperado de [www.kawasaki.com](http://www.kawasaki.com)

#### **e. SPORT TOURING**

- Motos deportivas que no son extremas.
- Formas similares a las deportivas.
- Empleadas para turismo.

- Motores de alta cilindrada.
- Sistema de suspensión adecuado para turismo.



**Figura 1.5 Motocicleta tipo sport touring**

**Fuente:** Motorcyclenews. Recuperado de [www.motorcyclenews.com](http://www.motorcyclenews.com)

## f. TOURING

- Son un tipo mayor de motocicletas.
- Son para usos de viajes frecuentes y recorridos de medianas y largas distancias.
- Se destaca que poseen un gran parabrisas por encima del manillar.
- Cuentan con un depósito de combustible de gran capacidad para evitar las paradas en viajes largos.
- Diseñadas y fabricadas para realizar viajes largos con ellas.



**Figura 1.6 Motocicleta tipo touring**

**Fuente:** Motorcyclenews Recuperado de [www.motorcyclenews.com](http://www.motorcyclenews.com)

## g. ENDURO

- Las enduro tienen un término medio entre las de Cross y las Trail.
- Son aptas para circular en todo tipo de superficie, ventajoso para subir pendientes y bajar caminos pedregosos a baja velocidad.
- Cuneta con suspensiones más blandas, pues no están diseñadas para hacer saltos tan altos.
- Los motores trabajan a menos revoluciones y están algo menos exigidos, dado que se necesita algo más de fiabilidad, y todo ello hace que sean por supuesto algo más pesadas.



**Figura 1.7 Motocicleta tipo enduro**

**Fuente:** Kawasaki. Recuperado de [www.kawasaki.com](http://www.kawasaki.com)

## h. TRAIL

- La trail es una moto derivada del enduro pero con los elementos que permiten circular por la ciudad.
- Son tamaño reducido, para favorecer su manejo.
- Su postura de conducción está diseñada para ir de pie.
- Su velocidad de utilización es muy baja.
- Sus motores suelen ser 2T, con una cilindrada en torno a los 300cc.



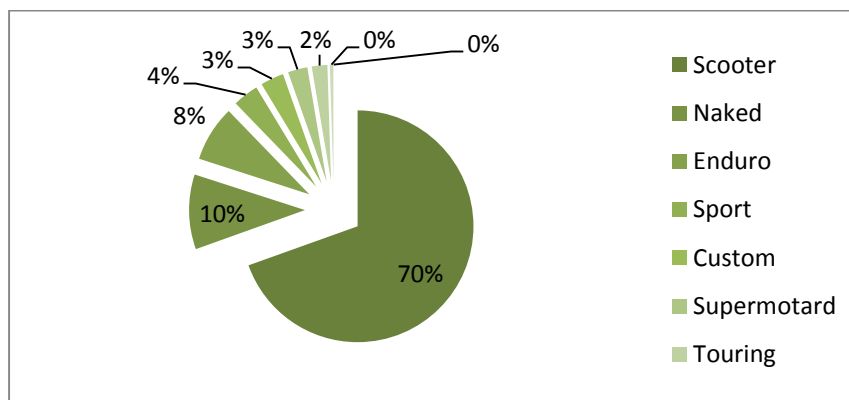
**Figura 1.8 Motocicleta tipo trail**

**Fuente:** Trail Motos. Recuperado de trail.motos.es

## 1.5 ANÁLISIS DE MERCADO

### 1.5.1 SEGMENTO EN MERCADOS INTERNACIONALES

Las siguientes gráficas muestran las preferencias en países extranjeros que tienen gran fama como consumidores de motocicletas

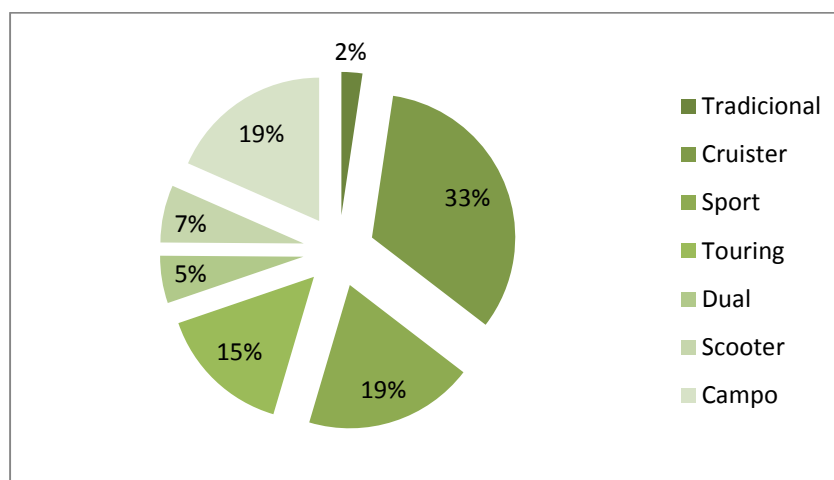


**Figura 1.9 Segmentación por tipo, Italia 2010**

**Fuente:** <http://www.elpais.com/deportes>

Es preferencia en Italia las motocicletas scooter, y existe poca demanda de las motocicletas tipo touring.





**Figura 1.10 Segmentación por tipo, EE.UU. 2010**

Fuente: <http://www.elpais.com/deportes>

Se precisa que el modelo tendencia en Italia es el Scooter, sin embargo en Estados Unidos la población se inclina por una motocicleta Custom o tradicional.

## 1.5.2 MERCADO ACTUAL ECUATORIANO

A continuación se analiza en base a estadísticas proporcionadas por la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE), la tendencia del ciudadano ecuatoriano en cuanto a su preferencia de acuerdo a: país de origen, tipo de motocicletas, ubicación demográfica y marcas.

Se tiene a bien informar un dato de relevancia que servirá para poder determinar el incremento del parque automotor.

**Tabla 1.1 Parque automotor 2013**

<b>Población 2013</b>	<b>15.651.000</b>
Parque Automotor	1.952.163
Relación habitantes/vehículos	8,02
Ventas Totales 2013	121,446

Fuente: AEADE, 2013

La AEADE informó que el mercado de motocicletas en el Ecuador, durante el año pasado, 2013, cerró con 116 633 unidades vendidas, lo que representó un crecimiento del 4,93% respecto al 2012, si se hace la comparación con el 25% de incremento con el 2009 al 2012, se tiene que el mercado tiende a estabilizarse.

La matriculación, las ciudades de Guayaquil y Quito, en ese orden, con el 18% y la segunda con el 11% del universo total de las venta, luego aparece Santo Domingo de los Tsáchilas (6%), Babahoyo con el 5% y Quevedo con el 4%.

Se esperan cifras para este año entre 123 000 y 125 000 unidades.

En el país aún no se comercializan motocicletas que tengan como medio de propulsión un motor eléctrico.

#### a. VENTAS EN UNIDADES POR EL PAÍS DE ORIGEN

**Tabla 1.2 Ventas en unidades por país de origen**

PAÍS DE ORIGEN	2012	%	2013	%
CHINA	75932	69,19	76421	65,52
ECUADOR	24572	22,39	22600	19,38
INDIA	2345	2,14	6949	5,96
COLOMBIA	5432	4,95	5468	4,69
BRASIL	724	0,66	4375	3,75
JAPON	300	0,27	277	0,24
AUSTRIA	128	0,12	145	0,12
ITALIA	102	0,09	126	0,11
ESTADOS UNIDOS	124	0,11	125	0,11
OTROS	87	0,08	147	0,13
<b>TOTAL</b>	<b>109746</b>	<b>100,00</b>	<b>116633</b>	<b>100,00</b>

**Fuente:** AEADE, 2013

Se determina que el principal país que nos vende sus motocicletas es China, sin embargo se observa también que el Ecuador ha generado

cuantiosas ventas en el 2013, lo que demuestra que se está apoyando al producto ecuatoriano, y cambiando la matriz productiva.

## b. VENTA DE UNIDADES POR SEGMENTO

**Tabla 1.3 Ventas en unidades por tipo**

PROVINCIA	2012	%	2013	%
UTILITARIA	66853	60,92	69921	59,95
ENDURO	32794	29,88	29390	25,20
DOBLE PROPÓSITO	3462	3,15	8880	7,61
TRICIMOTO	2278	2,08	3214	2,76
SPORT PISTA	1648	1,50	2262	1,94
CUADRON	1641	1,50	1540	1,32
CROS	1015	0,92	1350	1,16
CUSTOM	47	0,04	57	0,05
MINIMOTO	8	0,01	19	0,02
<b>TOTAL</b>	<b>109746</b>	<b>100,00</b>	<b>116633</b>	<b>100,00</b>

**Fuente:** AEADE, 2013

Se determina que la motocicleta de segmento utilitario es la más vendida en el Ecuador, con un porcentaje del 59.95%. Se deduce que es debido a que se la adquiere por razones de trabajo, siendo la utilitaria la motocicleta más adecuada para trabajar y para transportarse a un precio módico.

## c. VENTA DE UNIDADES POR PROVINCIAS

**Tabla 1.4 Ventas en unidades por provincia**

PROVINCIA	2012	%	2013	%
GUAYAS	29641	27,01	32691	28,03
PICHINCHA	11992	10,93	16469	14,12
LOS RÍOS	13577	12,37	11791	10,11
MANABÍ	9651	8,79	10384	8,90
EL ORO	8614	7,85	8724	7,48
STO. DOMINGO	6845	6,24	7234	6,20
SUCUMBÍOS	4503	4,10	5117	4,39
ESMERADAS	4650	4,24	4055	3,48
OTRAS	20273	18,47	20168	17,29
<b>TOTAL</b>	<b>109746</b>	<b>100,00</b>	<b>116633</b>	<b>100,00</b>

**Fuente:** AEADE, 2013

Se interpreta que la provincia que más ventas genera es la del Guayas con un 28.03%, y luego Pichincha con 14.12%, esto se debe a que son las que presentan mayor índice de población, y la movilidad en la ciudad es complicada, además se puede determinar que las provincias del perfil costanero presentan ventas elevadas, se puede deducir que es por su ubicación geográfica y condiciones ambientales.

#### d. VENTA DE UNIDADES POR MARCA

**Tabla 1.5 Ventas en unidades por marca**

PROVINCIA	2012	%	2013	%
SUZUKI	16838	15,34	16442	14,10
SHINERAY	12462	11,36	10740	9,21
MOTOR UNO	10334	9,42	10062	8,63
DAYTONA	5695	5,19	6766	5,80
SUKIDA	5854	5,33	4824	4,14
HONDA	3602	3,28	8639	7,41
RANGER	5047	4,60	4338	3,72
TRAXX	4451	4,06	2133	1,83
OTRAS	45463	41,43	52689	45,18
<b>TOTAL</b>	<b>109746</b>	<b>100,00</b>	<b>116633</b>	<b>100,00</b>

**Fuente:** AEADE, 2013

Se determina que la marca más vendida es Suzuki con un 14,10%, pero que no significa un porcentaje significativo respecto al total de las ventas, ya que existe un 45,18 % de las ventas que optas por otro tipo de marcas.

### 1.5.3 VISIÓN ESTRATÉGICA PARA EL DISEÑO

Se puede constatar que a excepción de Pichincha, las provincias de la costa son las que prefieren este medio de transporte.

Hay que destacar que los modelos más económicos son los más vendidos en el país.

Como no puede ser de otra manera Guayas y Pichincha se convierte en

un mercado objetivo por la participación en las ventas, y si se habla de ciclo urbano, se tomaría como ejemplo Guayaquil o Quito. Sin embargo se trató de apegarse a un ciclo de conducción urbano en la ciudad de Latacunga.

Con un rápido análisis de los segmentos preferidos, se debe concentrar en las Scooteres o en las Unidades de Enduro para la presente aplicación.

Cabe destacar que no existe ninguna preferencia por motocicletas plegables en el país.

## CAPÍTULO II

### 2 MARCO TEÓRICO

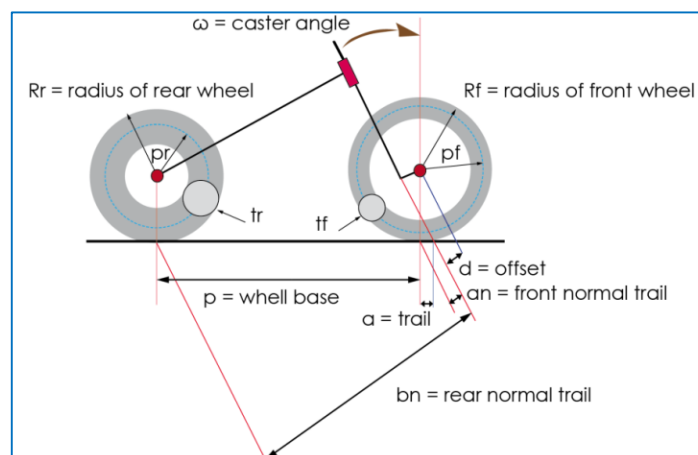
#### 2.1 GEOMETRÍA Y ESQUEMA BÁSICO DE LA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

##### 2.1.1 GEOMETRÍA DE LA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

La siguiente definición conceptual del modelo geométrico, ha tomado en cuenta ciertas restricciones que se detallan a continuación:

- Huella de contacto para ruedas no deformables.
- Sin suspensión.
- Parámetros seteados en posición vertical y el ángulo de giro de dirección a cero.

La figura 2.1 describe las características geométricas del modelo:



**Figura 2.1 Geometría de una motocicleta**  
 Fuente: Cossalter V., 2006. Motorcycle Dynamics

Donde:

**$p$**  wheel base o distancia entre ejes, también llamada batalla.

**$d$**  desfase de la horquilla. Distancia perpendicular entre el eje de la cabeza de la dirección y el centro de la rueda frontal.

**$w$**  ángulo de lanzamiento cáster.

**$Rr$**  radio de la rueda posterior.

**$Rf$**  radio de la rueda delantera.

**$tr$**  radio de la sección transversal del neumático posterior.

**$tf$**  radio de la sección transversal del neumático delantero.

Los parámetros geométricos que usualmente son usados para describir motocicletas son los siguientes:

- Wheel base  **$p$** .
- Caster angle  **$w$** .
- The trail  **$a$** .

Donde:

**$p$**  es la distancia entre los puntos de contacto sobre el suelo de las ruedas.

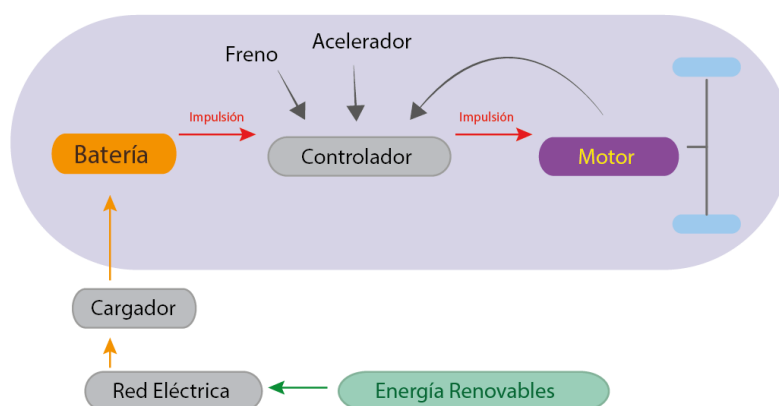
**$w$**  cáster, es el ángulo formado por el eje vertical y el centro de rotación de la sección frontal que coincide con la cabeza de la dirección.

**$a$**  trail, es la distancia entre la prolongación del eje de la cabeza de la dirección al plano horizontal de rodadura y el eje vertical de que pasa por el centro de la rueda delantera.

## 2.1.2 ESQUEMA BÁSICO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

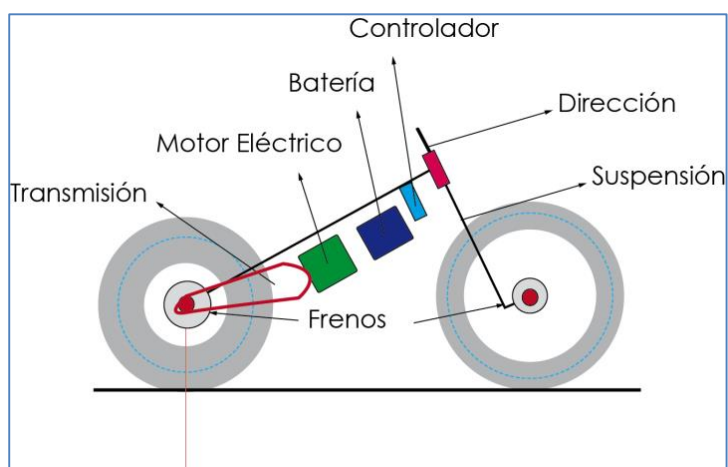
Es importante conocer el diagrama de bloques de una motocicleta eléctrica, ya que se puede facilitar el trabajo de diseño y dimensionamiento.

En la figura 2.2 se puede observar de qué manera se dispondrá las líneas de comunicación en el proyecto.



**Figura 2.2 Esquema básico de una motocicleta eléctrica**  
Fuente: El Autor

Para visualizar de una manera más simple se ha resumido en la figura 2.3 todos los aspectos a analizarse en el presente proyecto.



**Figura 2.3 Motocicleta esquema**  
Elaborado: El Autor



## 2.2 FACTORES PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA PROPULSOR

Si la aceleración es la diferencial de la velocidad respecto al tiempo y la Fuerza será el resultado de las fuerzas en la dirección del desplazamiento menos las fuerzas que se oponen al mismo.

$$\frac{dV}{dt} = \frac{\sum Ft - \sum Fr}{\delta M}$$

### Ec. 2.1 Segunda ley de Newton

Dónde:

**V** es la velocidad del vehículo.

**Ft** son los esfuerzos de tracción.

**Fr** los esfuerzos resistentes a vencer.

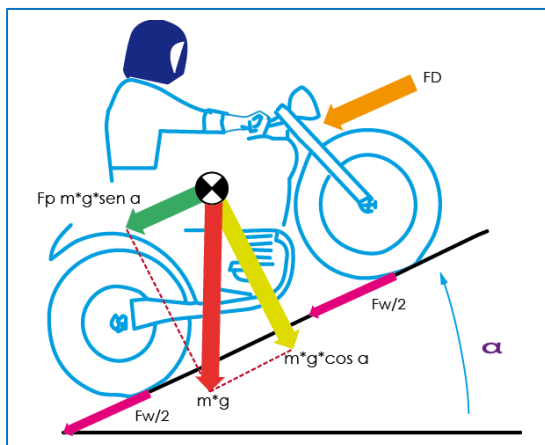
**M** la masa del vehículo.

**δ** coeficiente de mayoración de masas rotativas.

### 2.2.1 FUERZAS RESISTENTES DE UNA MOTOCICLETA

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 (FW).
- Resistencia aerodinámica al avance (FD).
- La componente de la fuerza del peso causada por la inclinación del plano de rodadura (FP).



**Figura 2.4 Fuerzas resistentes que actúan en una motocicleta**  
**Fuente:** Cossalter V., 2006. Motorcycle Dynamics

Se observa en la figura 2.4 varias fuerzas que se oponen al movimiento de la motocicleta, necesarias de estudiar para poder determinar la potencia que vencerá estas fuerzas.

## 2.2.2 FUERZA DE RESISTENCIA A LA RODADURA EN UNA MOTOCICLETA

La resistencia a la rodadura que se presenta en la figura 2.4, se puede considerar igual para ambos neumáticos de la motocicleta.

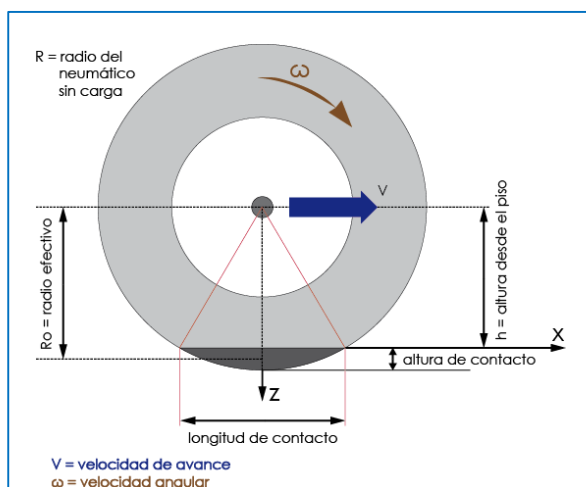
### a. INTERACCIÓN DEL NEUMÁTICO CON EL SUELO

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:

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

**Ec. 2.2 Radio efectivo**



**Figura 2.5 Radio efectivo de giro de la rueda**  
**Fuente:** Cossalter V., 2006. Motorcycle Dynamics

Existe una relación entre los parámetros mencionados que se da a través de la siguiente expresión:

$$R_o = R - \frac{R - h}{3}$$

### Ec. 2.3 Radio bajo carga para un neumático de motocicleta

Donde:

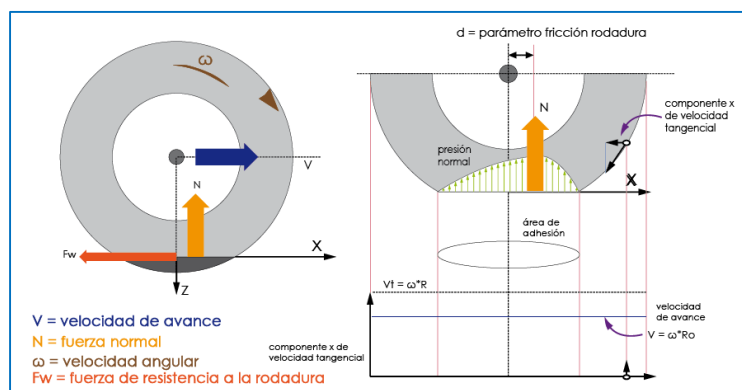
$R_o$  es el radio efectivo bajo carga.

$R$  es el radio del neumático sin carga.

$h$  altura desde el piso.

## b. COMPORTAMIENTO EN TRACCIÓN

En tracción, durante la rodadura del neumático en sentido del avance de la motocicleta, la porción de la circunferencia que entra en contacto con la pista se somete a una deformación, en la figura 2.6 se puede visualizar la interacción del neumático con el piso.



**Figura 2.6 Presiones de contacto y fuerzas de neumático**  
**Fuente:** Cossalter V., 2006. Motorcycle Dynamics

Donde:

$N$  fuerza normal, coincide con la cresta de la distribución de presiones.

$d$  es la distancia de desplazamiento de la fuerza normal durante el avance.

$F_w$  resistencia a la rodadura.

### c. MOMENTO DE RODADURA

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, a continuación se muestra su Ec.:

$$M_w = N * d$$

#### Ec. 2.4 Momento de rodadura del neumático

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.

$$Fw = Fwf + Fwr$$

### Ec. 2.5 Resistencia a la rodadura de los dos neumáticos

Dónde:

***Fwf***, es la resistencia a la rodadura delantera.

***Fwr***, 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:

$$Fw = W * fw$$

### Ec. 2.6 Resistencia a la rodadura

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.

## d. VALORES EMPÍRICOS PARA EL CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE ROZAMIENTO ( $f_w$ )

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: <sup>4</sup>

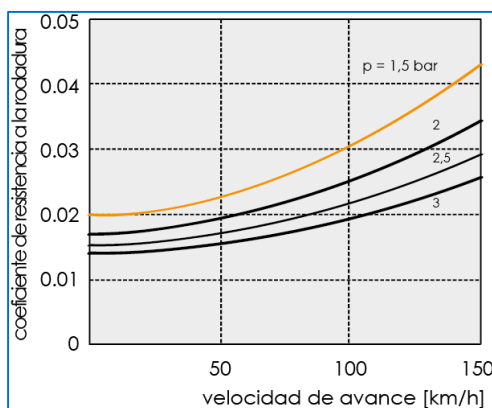
$$f_w = 0,0085 + \frac{0,018}{P} + \frac{1,59 * 10^{-6}}{P} v^2$$

**Ec. 2.7  $f_w$  para velocidades menores que 165Km/h**

Dónde:

$P$ , es la presión medida del neumático [bar].

$V$ , representa la velocidad de la motocicleta [Km/h].



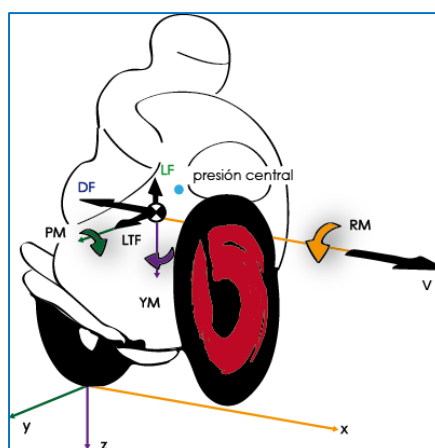
**Figura 2.7  $f_w$ , respecto a la presión de inflado y velocidad de avance**  
Fuente: Cossalter V., 2006. Motorcycle Dynamics

La más importante de todas las causas es la presión de inflado que hace que se incremente el  $f_w$ .

<sup>4</sup> Cossalter, V. (2006). *Motorcycle dynamics*.

### 2.2.3 FUERZAS Y MOMENTOS AERODINÁMICOS EN UNA MOTOCICLETA

Todas las influencias aerodinámicas que actúan en la motocicleta pueden ser simplificadas con la representación de tres fuerzas y tres momentos que actúan alrededor de los ejes del centro de gravedad, generando el sistema de ejes, (x,y,z). En la figura 2.8 se detallan estos ejes:



**Figura 2.8 Fuerzas y momentos aerodinámicos**  
Fuente: Cossalter V., 2006. Motorcycle Dynamics

Donde:

**DF.** *Drag force.* Fuerza aerodinámica al avance.

**LF.** *Lift force.* Fuerza de sustentación aerodinámica.

**LTF.** *Lateral force.* Fuerza lateral por acción aerodinámica.

**RM.** *Rolling moment.* Momento de cabeceo.

**PM.** *Pitching moment.* Momento de balanceo.

**YM.** *Yawing moment.* Momento de vuelco.

Estos factores dependen especialmente del área y forma que se dé contacto con el fluido, además del cuadrado de la velocidad.

Esto entonces nos permitirá diferenciar su efecto en los distintos tipos de aplicaciones, y formas que tengan los carenados de las motocicletas.

A continuación la figura 2.9 muestra una motocicleta completamente carenada, con buenas características aerodinámicas.



**Figura 2.9 Motocicleta totalmente carenada**  
**Fuente:** Cossalter V., 2006. Motorcycle Dynamics

Los más importantes componentes son el *drag force*, o la componente de la resistencia aerodinámica al avance, que se sumaría al resto de fuerzas resistentes, y el *lift force* o la componente de resistencia aerodinámica a la sustentación, que se relaciona con la adherencia en especial de la rueda delantera. Ambas son aplicadas al centro de presiones. Que normalmente en las motocicletas se encuentra sobre el centro de gravedad.

El *pitching moment* es el resultante de entre estas dos fuerzas aerodinámicas, volviéndose peligroso a altas velocidades.

#### **a. RESISTENCIA AERODINÁMICA AL AVANCE, DRAG FORCE (FD)**

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.

Su fórmula general se muestra a continuación:

$$FD = \frac{1}{2} * \rho * CD * Af * V^2$$

### Ec. 2.8 Fuerza aerodinámica al avance

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<sup>2</sup>].

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

$V$ , velocidad en la dirección del avance [m/s].

La figura 2.10 permite analizar cómo evoluciona la fuerza  $FD$  la importancia del  $CD$  según la velocidad.

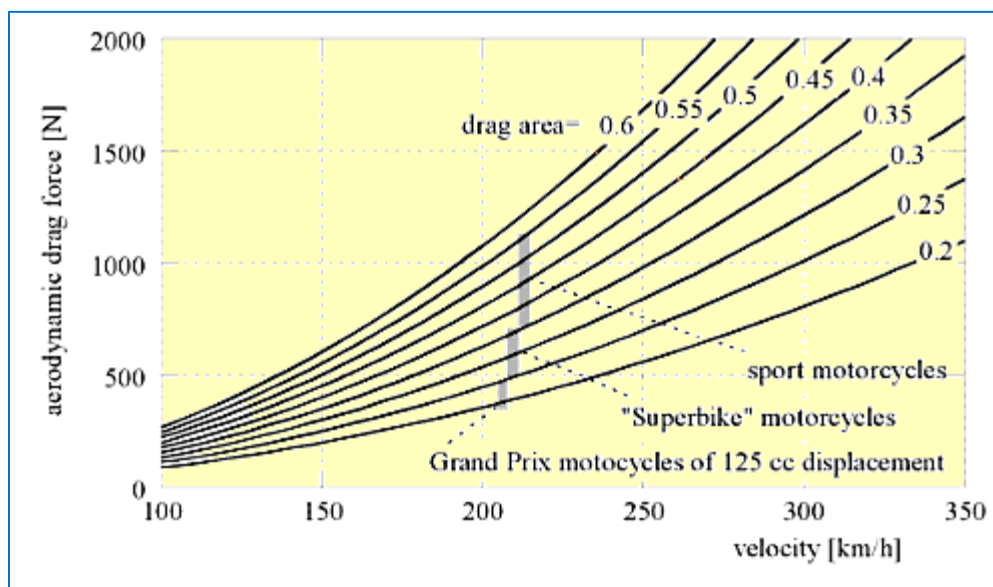


Figura 2.10 Fuerza aerodinámica y coeficiente de forma  $CD$

Fuente: Cossalter V., 2006. Motorcycle Dynamics

## b. CARACTERÍSTICA AERODINÁMICA DE LA MOTOCICLETA

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**.

**Tabla 2.1 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 super bike
0,22	Gran Prix o incluso valores menores
0,4 a 0,5	En turismos y spot con pequeño carenado frontal

**Fuente:** Cossalter V., 2006. Motorcycle Dynamics

El área frontal difiere de acuerdo al tipo de motocicleta y está influenciada por el cuerpo del conductor y su posición durante el recorrido.

**Tabla 2.2 Valores referenciales de Af para motocicletas**

Valor de Af	Tipo
0.6 a 0.9m <sup>2</sup>	Motocicletas Turismo
0.4 a 0.6m <sup>2</sup>	Gran Turismo
0.4 a 0,5	Gran Prix.
0,32m <sup>2</sup> .	Gran prix de 125cc

**Fuente:** Cossalter V., 2006. Motorcycle Dynamics

### 2.2.4 FUERZA RESISTENTE CAUSADA POR LA INCLINACIÓN DEL PLANO DE LA CARRETERA (Fp)

La fuerza resistente **Fp** 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.

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

**Ec. 2.9 Fuerza resistente efecto de la pendiente**

Dónde:

$\alpha$  representa la inclinación del plano de la carretera [°].

$m$ , representa la masa del vehículo [kg].

$g$ , representa a la gravedad [m/s<sup>2</sup>].

## 2.2.5 LA POTENCIA Y LAS RESISTENCIAS AL MOVIMIENTO

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:

$$H_w = R_w * \frac{V}{3.6}$$

**Ec. 2.10 Determinación de la potencia**

Dónde:

$H$  es potencia instantánea [Kw].

$V$  es la velocidad de la motocicleta [Km/h].

$R_w$  es la sumatoria de los esfuerzos resistentes [N].

## 2.3 SISTEMA DEL TREN MOTRIZ

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.

### **2.3.1 MOTOR ELÉCTRICO.**

Un motor eléctrico es un dispositivo electromecánico que convierte la energía eléctrica en energía mecánica.

La mayoría de los motores eléctricos funcionan a través de la interacción de campos magnéticos y conductores portadores de corriente para generar fuerza.

#### **a. VENTAJAS EN VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.**

- 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.

## **b. MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA (DC).**

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.

Hoy en día los motores de CC se encuentran todavía en aplicaciones tan pequeñas como juguetes y unidades de disco, o en tamaños grandes para operar plantas de laminación de acero y las máquinas de papel. Modernos motores de corriente continua son casi siempre funcionales en conjunto con los dispositivos electrónicos de potencia.

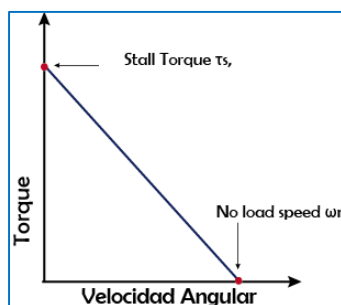
## **c. CURVAS CARACTERÍSTICAS DE UN MOTOR DC.**

En función de la efectividad del diseño con motores DC, es necesario entender sus curvas características. Para cada motor, existe una específica curva TORQUE/VELOCIDAD y una CURVA DE POTENCIA.<sup>5</sup>

En la figura 2.11, se puede visualizar la evolución del torque en función de la velocidad de giro del motor eléctrico.

---

<sup>5</sup> JOHNSONELECTRIC, Recuperado de <http://www.johnsonelectric.com/es/resources-for-engineers/automotive-applications/motion-technology/pmdc-motor.html>



**Figura 2.11 Torque vs velocidad.**

**Fuente:** JohnsonElectric.

Análisis: El torque es inversamente proporcional a la velocidad del eje de salida. En otras palabras hay una relación entre cuanto torque de motor es entregado y que como evoluciona la velocidad de salida del eje.

Las características de motor que frecuentemente están dadas, son: <sup>6</sup>

**Stall Torque,  $\tau_s$**  representa el punto de la gráfica en el que el torque es máximo pero el eje no está rotando, este deberá entregarse a distintos voltajes de operación.

**No load speed,  $\omega_n$** , es la máxima velocidad a la salida del motor, cuando ningún torque es aplicado al eje de salida.

La curva entonces conecta aproximadamente estos dos puntos cuya Ec. puede ser escrita en función de la velocidad o del torque.

$$T_{motor}(\omega) = \tau_s - \omega * \frac{\tau_s}{\omega_n}$$

**Ec. 2.11 Par ME. a una velocidad determinada.**

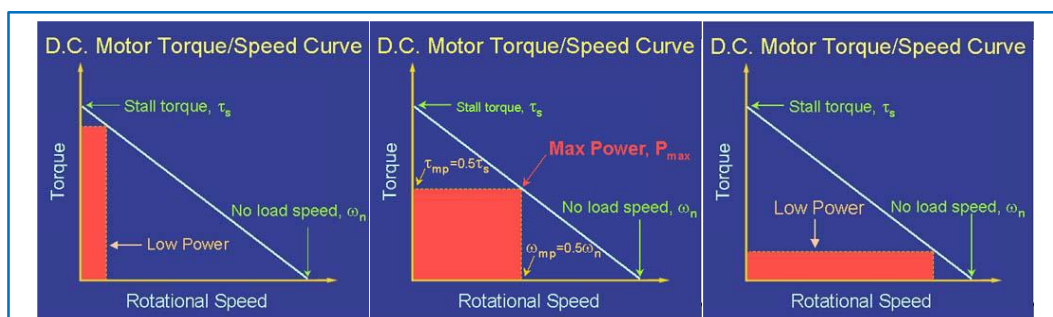
$$\omega_{motor}(\tau) = \frac{(\tau_s - \tau)\omega_n}{\tau_s}$$

**Ec. 2.12 Velocidad ME. a un par determinado.**

<sup>6</sup> Center for Innovation in Product Development, Recuperado de <http://lancet.mit.edu/motors/index.html>

Este modelo lineal nos da una buena aproximación, sobre los valores en distintas condiciones de funcionamiento. Por otro lado, la potencia es el producto del par por la velocidad angular, y corresponde al área de un rectángulo bajo la curva torque/speed, al extender cada valor sobre la curva. Debido a la relación inversa que existe entre las dos magnitudes, la potencia máxima ocurre en el punto donde:

$$\omega = \frac{1}{2} \omega_n, \text{ y } \tau = \frac{1}{2} \tau_s.$$



**Figura 2.12 Potencia, distintas condiciones**  
Fuente: Designing with D. C. Motors

#### d. POTENCIA/TORQUE Y POTENCIA /VELOCIDAD ANGULAR

Si se sustituye en las ecuaciones del torque y la velocidad, se puede observar la curva de potencia de un motor DC con respecto a la velocidad.

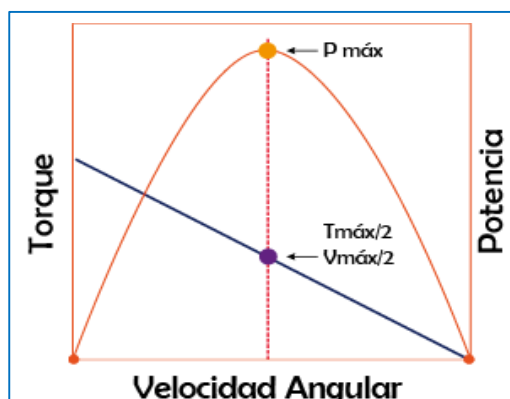
$$P_{motor}(\omega) = -\left(\frac{\tau_s}{\omega_n}\right) * \omega^2 + \tau * \omega_s$$

**Ec. 2.13 Potencia ME. a una velocidad determinada**

$$P_{motor}(\tau) = -\left(\frac{\omega_n}{\tau_s}\right) * \tau^2 + \omega_n * \tau$$

**Ec. 2.14 Potencia ME. a un par determinado**

De estas ecuaciones podemos observar que la máxima potencia ocurre a  $\omega = \frac{1}{2} \omega_n$ , y  $\tau = \frac{1}{2} \tau_s$ , respectivamente.



**Figura 2.13 Torque y potencia vs. velocidad**  
**Fuente:** Designing with D. C. Motors

### 2.3.2 VARIADORES O CAMBIOS AUTOMÁTICOS CVT

CVT, *Continuously Variable Transmission*, los variadores son conjuntos mecánicos empleados en lugar de la caja de cambios. La transformación y transmisión del par motor y la velocidad de giro se consigue de un modo continuo, sin el escalonamiento que se produce en los cambios manuales y automáticos, razón por la cual se obtiene mayor eficiencia del motor.<sup>7</sup>

En un cambio manual, cada velocidad tiene una relación de transmisión, se reduce o amplifica la velocidad de giro del motor con la siguiente reducción o amplificación del par de salida.

#### a. CVT DE DIÁMETRO VARIABLE (VDP).

El tipo de CVT más común es el de poleas con diámetro variable (VDP) y básicamente tiene cuatro componentes:<sup>8</sup>

- Una correa metálica o cadena en forma de “V” (a veces llamada “banda”).

<sup>7</sup> ESQUIVEL TAPIA, D. R. (2008). Diseño Mecánico de una Transmisión CVT Media Toroidal (Doctoral dissertation).

<sup>8</sup> Widman, R. (2009). El Funcionamiento y Cuidado de la Transmisión CVT. Widman, (73). Recuperado de <http://www.widman.biz/boletines/73.html>.



- Una polea impulsor o variador.
- Una polea de salida o embrague.
- Sistema Reductor por engranes.

Cada polea es fabricada de dos conos de 20°, uno contra el otro. La correa anda por el canal formado por los conos.

Cuando los conos son más distantes de su par, la correa anda en la parte más angosta, más al centro de la polea.

Cuando son más cercas, la correa tiene que subir a la parte ancha de la polea. El movimiento de los conos que forman la polea puede ser controlado por presión hidráulica, fuerza centrífuga, fuerza electromagnética o resortes.

## **b. FUNCIONAMIENTO DE CVT DE DIÁMETRO VARIABLE (VDP).<sup>9</sup>**

Uno de los tipos que más se utilizan en el transporte urbano es el CVT de diámetro variable, por lo que es un importante elemento dentro del proyecto.

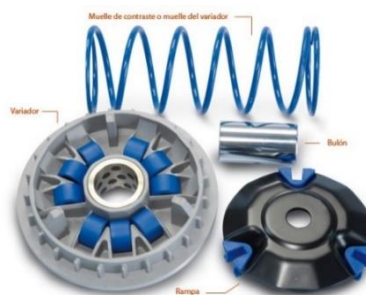
Se ha mencionado que tiene tres elementos importantes, a continuación se definirá los elementos internos de cada parte, así como también su funcionamiento.

### **b.1 Polea inductora o variador**

Se ubica a la salida del eje motriz del motor, y está constituido por un bulón, el variador en sí que alberga a los rodillos, una rampa, semipolea, ventilador y arandelas.

---

<sup>9</sup> RCscooter, La transmisión automática, 2010, Recuperado de <http://www.rcscooter.net/blog-motero/articulos-tecnicos/la-transmision-automatica/>



**Figura 2.14 Polea inductora.**  
Fuente: RCscooter.

## b.2 Polea de salida o embrague

Va ubicado en el eje de la rueda, está compuesto por maza de embrague que a su vez tiene zapatas y muelle, poleas, muelle de contraste o de variador, y campana de embrague solidaria a la rueda.



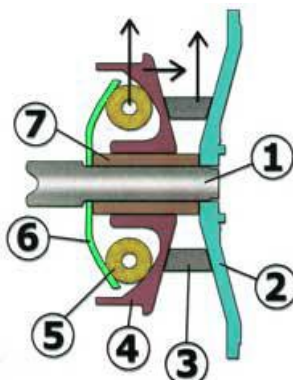
**Figura 2.15 Polea de salida.**  
Fuente: RCscooter.

## b.3 Funcionamiento

El mecanismo se activa cuando la fuerza generada en la polea inductora supera la fuerza contra restante del muelle ubicado en el embrague.

En la figura 2.16, cuando el eje de entrada (1) gira a una velocidad adecuada, los rodillos (5) se deslizan por sus rampas hacia el exterior por inercia, al ser las rampas (6) una especie de pendiente, según se desplazan hacia el exterior, también lo hacen transversalmente. Eso hace que el plato móvil (4) se mueva hacia fuera, alejándose del plato fijo o semipolea (2) y

ejerza una presión sobre la correa (3), gracias a la forma cónica que tiene, la correa se va desplazando hacia el exterior del variador, alejándose del bulón (7).

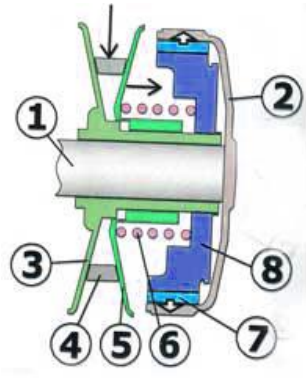


**Figura 2.16 Variador en corte**  
Fuente: RCscooter

La correa tiene una longitud constante y al no ser dentada, necesita que las poleas hagan sobre ella mucha presión para que no patine. Es aquí donde entra en juego la polea de salida o embrague.

En la figura 2.17, se ha observado que la correa (4) se dirige hacia afuera lo que obliga a enclavar en la polea del embrague, debido a que se vence la fuerza del muelle de embrague (6). Con la inercia que alcanza al recibir energía y por tanto girar, la maza de embrague (8) comienza a expandirse de tal forma que los ferodos (7) se enganchan a la campana (2), y ésta al estar solidaria al eje de la rueda (1) transmitirá el movimiento.

El muelle de contraste ejerce presión sobre las poleas del embrague obligando a la correa a subir a su posición original cuando el motor deja de transmitir energía a través del variador.



**Figura 2.17 Embrague en corte**  
Fuente: RCscooter

#### b.4 Matemática de la transmisión continuamente variable

- Fuerza del muelle

$$Fm = k * x$$

**Ec. 2.15 Fuerza del muelle**

Donde:

**k** es la constante de elasticidad (muelle rojo, amarillo, morado).

**x** la distancia en metros que se desplaza (en nuestro caso se desplaza a lo sumo 0.015m).

- Fuerza de los rodillos

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

**Ec. 2.16 Fuerza de los rodillos**

Donde:

**m** es la suma de la masa de los rodillos.

**v** es la velocidad de los rodillos.

**R** es la distancia que hay desde los rodillos al eje del cigüeñal.

- Si  $Fv > Fm$ ; las marchas suben.
- Si  $Fv < Fm$ ; las marchas se reducen.

#### - Relaciones de transmisión

El sistema de poleas con correa más simple consiste en dos poleas situadas a cierta distancia, que giran a la vez por efecto del rozamiento de una correa con ambas poleas. Las correas suelen ser cintas de cuero flexibles y resistentes.

Se puede calcular las velocidades de las poleas a partir de los tamaños de las mismas.

$$n1 * d1 = n2 * d2$$

#### Ec. 2.17 Relación diámetro – velocidad

Donde:

**n1** es la velocidad de la polea inductora.

**d1** es el diámetro de la polea inductora.

**n2** es la velocidad de la polea inducida.

**d2** es el diámetro de la polea inducida.

La relación de transmisión es:

$$\frac{n2}{n1} = \frac{d1}{d2} = i$$

#### Ec. 2.18 Relación de transmisión en poleas

Para poder determinar los rangos de velocidad y transmisión se debe considerar los dos posibles casos extremos:

**Sistema reductor de velocidad**, cuando la polea inductora está en posición inicial, y tiene un menor diámetro de la polea inducida.



**Figura 2.18 Posición inicial de poleas**

Fuente: RCscooter.

Con esta combinación obtenemos una reducción de velocidad de giro de la polea conducida.

Asumiendo que el diámetro  $D_1$  es la mitad que  $D_2$ , la reducción de velocidad es proporcional a la variación de sus diámetros es decir la mitad, e inversamente proporcional al torque transmitido es decir el doble.

**Sistema multiplicador de velocidad**, cuando la polea inductora tiene un mayor diámetro de la polea inducida.



**Figura 2.19 Posición máxima de Poleas**

Fuente: RCscooter

Con esta combinación obtenemos una ganancia de velocidad de giro de la polea conducida.

Asumiendo que el diámetro D1 es el doble que D2, la ganancia de velocidad es proporcional a la variación de sus diámetros es decir el doble, e inversamente proporcional al torque transmitido es decir la mitad.

### 2.3.3 NEUMÁTICOS

Nombrado cubierta o llanta en algunas regiones, es una pieza toroidal de caucho que se coloca en las ruedas de diversos vehículos y máquinas. Su función principal es permitir un contacto adecuado por adherencia y fricción con el pavimento, posibilitando el arranque, el frenado y la guía.

Se puede encontrar las principales características en la cámara del neumático, a continuación se puede observar las distintas características.

1. Fabricante del neumático (marca).
2. Tipo de neumático y diseño de la banda de rodadura.
3. Ancho del neumático en milímetros (mm).
4. Relación entre la altura y el ancho del neumático expresada en porcentaje.
5. Neumático con estructura radial.
6. Diámetro de la llanta expresado en pulgadas.
7. Código de carga.
8. Código de velocidad.
9. Neumáticos sin cámara (tubeless).
10. Fecha de fabricación (XX = semana, X = año, < = década de los 90) (Más detalles al respecto).
11. Indicador de desgaste (1,6 mm).
12. Indicador adicional para los neumáticos reforzados.
13. Indicador de idoneidad en condiciones invernales para neumáticos de invierno y para todas las estaciones.



**Figura 2.20 Neumático y denominación**  
Fuente: Marke tires

## 2.3.4 ELEMENTOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS

### a. ELEMENTOS DE CONTROL

Está conformado por los siguientes elementos: controlador y palanca de mando.

#### a.1 Controlador

Es un dispositivo electrónico que permite controlar el flujo de voltaje hacia el motor eléctrico, ALLTRAX AXE Motor Controllers, es el controlador que utilizaremos para el presente proyecto.



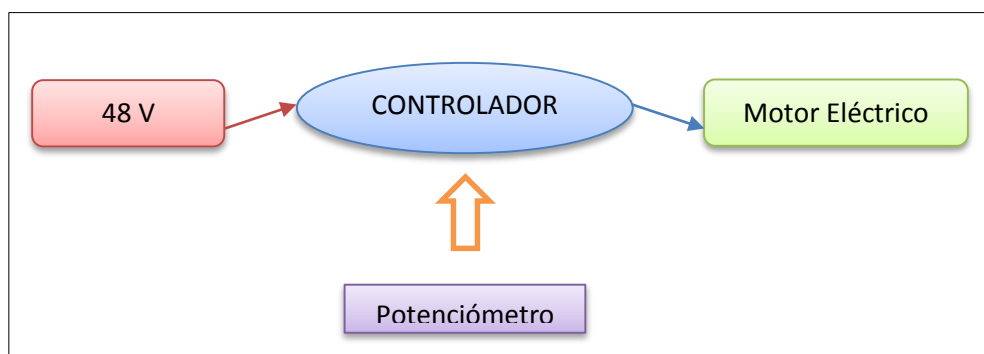
**Figura 2.21 Controlador**  
Fuente: El Autor



La programación de este módulo se hace por software a través del ordenador o de una laptop, ya que permite comunicarse por el protocolo RS232.

El controlador tiene una función similar al del carburador en un motor de combustión interna, es decir permite y regula el paso de voltaje hacia el motor eléctrico, mediante un circuito de control implementado en su diseño.

En el siguiente gráfico se representa la función básica del controlador.



**Figura 2.22 Función del controlador**

**Fuente:** El Autor

## **a.2 Palanca de control**

Este sensor consiste en un potenciómetro de tres polos y su función es traducir el ángulo de la posición de la palanca en una señal eléctrica que es enviada a la Unidad de Control electrónico.

Obtiene información de aceleraciones o desaceleraciones deseadas por el conductor y esta información es utilizada como factor de cálculo para el aumento o reducción de rpm del motor eléctrico.

## **b. ELEMENTOS DE ACTIVACIÓN**

Son los elementos que brindarán la activación automática o manual del circuito eléctrico.

## **b.1 Contactor y relé**

Los relés y los contactores son equipos parecidos a un interruptor con la diferencia de que los interruptores son comandados por la mano del usuario y los relés y contactores son comandados por una tensión. Por tanto un relé o un contactor es un interruptor automático; con él podemos realizar diversas combinaciones y sus aplicaciones son múltiples. Las clases y características de los relés varían según la función a realizar y fabricante.

Tanto los relés como los contactores hacen la misma función (abrir y cerrar contactos), pero para distintas potencias, es decir hay que saber diferenciar entre relé y contactor.

## **b.2 Interruptor**

Un interruptor eléctrico es en su acepción más básica un dispositivo que permite desviar o interrumpir el curso de una corriente eléctrica. En el mundo moderno sus tipos y aplicaciones son innumerables, van desde un simple interruptor que apaga o enciende una bombilla, hasta un complicado selector de transferencia automático de múltiples capas, controlado por computadora.

## **c. ELEMENTOS DE CONEXIÓN**

### **c.1 Conductores**

Son materiales cuya resistencia al paso de la electricidad es muy baja. Los mejores conductores eléctricos son metales, como el cobre, el oro, el hierro y el aluminio, y sus aleaciones, aunque existen otros materiales no metálicos que también poseen la propiedad de conducir la electricidad, como el grafito o las disoluciones y soluciones salinas (por ejemplo, el agua de mar) o cualquier material en estado de plasma.

## **c.2 Terminales**

Un terminal es el punto en que un conductor de un componente eléctrico, dispositivo o red llega a su fin y proporciona un punto de conexión de circuitos externos.<sup>1</sup> El terminal puede ser simplemente el final de un cable o puede estar equipado con un conector o tornillo.

## **d. ELEMENTOS DE SEGURIDAD**

### **d.1 Fusibles**

Los fusibles son pequeños dispositivos que permiten el paso constante de la corriente eléctrica hasta que ésta supera el valor máximo permitido. Cuando aquello sucede, entonces el fusible, inmediatamente, cortará el paso de la corriente eléctrica a fin de evitar algún tipo de accidente, protegiendo los aparatos eléctricos de "quemarse" o estropearse.

### **d.2 Diodo**

Un diodo es un componente electrónico de dos terminales que permite la circulación de la corriente eléctrica a través de él en un solo sentido. Este término generalmente se usa para referirse al diodo semiconductor, el más común en la actualidad; consta de una pieza de cristal semiconductor conectada a dos terminales eléctricos.

## **2.3.5 BATERÍAS**

### **a. DEFINICIÓN**

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

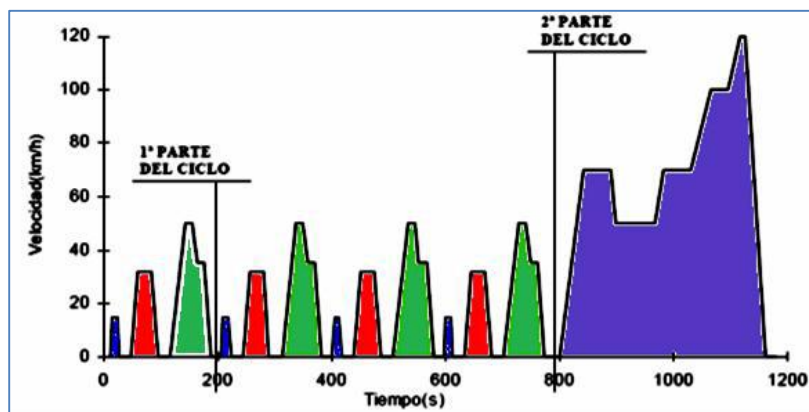
de un vehículo híbrido como tampón de energía. Esta consta de dos o más células que convierten la energía química en energía eléctrica.<sup>10</sup>

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.

## b. AUTONOMÍA Y CICLOS DE CONDUCCIÓN

El gasto de energía dependen de las condiciones de conducción, el Ciclo de Manejo ECE R40, es utilizado para la certificación de emisiones de motocicletas de dos, tres o cuatro ruedas, el ciclo ECE R40, está extendido ampliamente en Europa y muchos países de Asia.

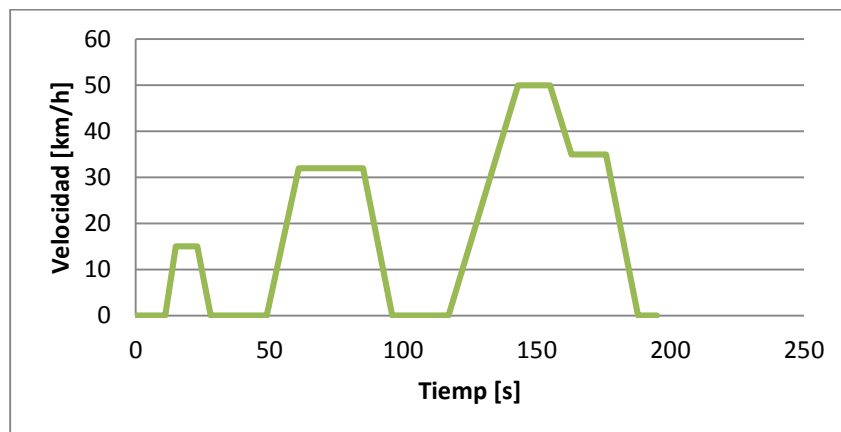


**Figura 2.23 Ciclo ECE R40**  
Fuente: Ciclo ECE R40, Europa

Mencionado ciclo consta de dos partes, un ciclo de conducción urbano, y otro ciclo de conducción interurbano.

<sup>10</sup> HARPER, G. E. (1999). *Fundamentos de control de motores eléctricos en la industria*. Editorial Limusa

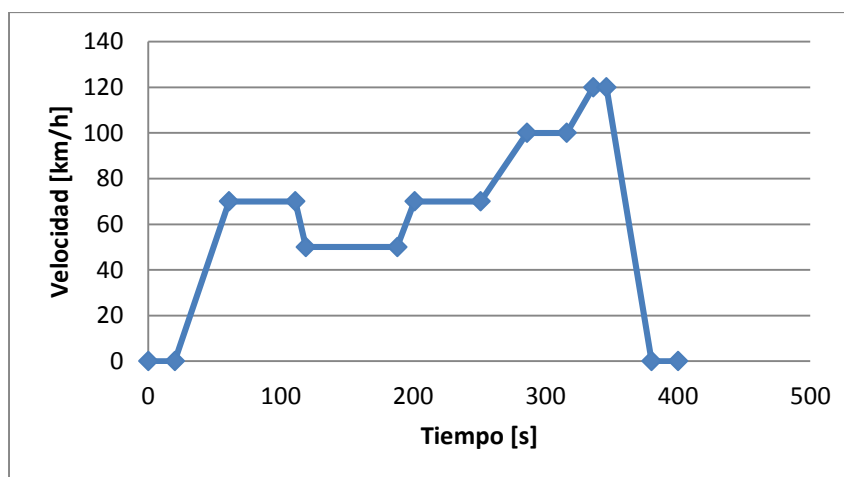
En la figura 2.24, se determina la gráfica del ciclo urbano siendo la velocidad ubicada en el eje de los ordenas y el tiempo en las abscisas.



**Figura 2.24 Ciclo urbano ECE R40**  
Fuente: Ciclo ECE R40, Europa

A continuación se presenta el ciclo de conducción interurbano, detallándose los distintos valores de tiempo, velocidad y distancia.

De igual manera se presenta el análisis gráfico del ciclo de conducción interurbano.



**Figura 2.25 Ciclo interurbano ECE R40**  
Fuente: Ciclo ECE R40, Europa

Las presentes curvas representan la velocidad alcanzada por los vehículos en función de un tiempo.

El ciclo de conducción consta de cuatro ciclos urbanos de 200 segundos y un ciclo interurbano de 400 segundos, siendo un total de 1200 segundos.

### c. GASTO DE ENERGÍA.

La potencia cuando existe incremento de velocidad de las motocicletas, se podría estimar de la siguiente manera.

$$Ht = \frac{\delta * M * (Vi^2 - Vo^2)}{2 * t} + \frac{2 * W * fw * Vi}{3} + \frac{1 * \rho a * CD * Af * Vi^3}{5}$$

**Ec. 2.19 Gasto de energía**

Donde:

$\delta$ , es el factor de mayorización de masas rotativas se asume 1.0875, factor que hay que estimarlo lo más aproximado frente a un diseño.

$M$ , masa de vehículo [Kg].

$Vi$ , velocidad final [m/s].

$Vo$ , velocidad Inicial [m/s].

$t$ , variación de tiempo [s].

$W$ , masa de vehículo por gravedad [N].

$fw$ , factor coeficiente de rodadura, variable en función de  $Vi$  [-].

$\rho a$ , densidad de aire [Kg/m<sup>3</sup>].

$CD$ , coeficiente de resistencia aerodinámica [-].

$Af$ , área frontal del vehículo [m<sup>2</sup>].

EL primer término corresponde a la componente debido a la aceleración y los otros dos términos corresponden a la potencia de arrastre durante la aceleración, así en el intervalo de tiempo se puede calcular la potencia.

Donde la energía es igual:

$$\Sigma E = Ht * t$$

**Ec. 2.20 Energía requerida**

## **2.4 GRADO DE PROTECCIÓN IP**

El Grado de protección IP hace referencia al estándar internacional IEC 60529 Degrees of Protection<sup>11</sup> utilizado con mucha frecuencia en los datos técnicos de equipamiento eléctrico o electrónico, en general de uso industrial como sensores, medidores, controladores, etc.

Especifica un efectivo sistema para clasificar los diferentes grados de protección aportados a los mismos por los contenedores que resguardan los componentes que constituyen el equipo.

### **2.4.1 NOMENCLATURA ESTÁNDAR IEC 941**

La presente nomenclatura estandariza las normas de protección IP, y consta de dos coeficientes ubicados después de señalización “IP –”.

**IP - [a] [b]**

Donde:

**IP**, interational protection.

**a**, nivel de protección contra el ingreso de objetos sólidos.

---

<sup>11</sup> IEC 60529: Degrees of protection provided by enclosures (IP Code). International Electrotechnical Commission, Geneva.

**b**, nivel de protección contra el ingreso de agua.

## 2.5 ESTUDIO CARACTERÍSTICO DE UNA DE MOTOCICLETA ELÉCTRICA

### 2.5.1 MOTOCICLETA URBANA

Las más difundidas son las scooters, cabe hacer la diferenciación entre las que se ocupan del transporte de mercancías y aquellas que se utilizan para el transporte de personas. Se distinguen entre sus características constructivas principalmente por tener carrocería, con protección frontal para las piernas y un cuerpo que oculta toda o la mayor parte de la mecánica.

El diseño clásico de la scooter presenta un suelo plano para el conductor y a menudo incluye algún hueco de almacenaje integrado, ya sea bajo el asiento, en la protección frontal para las piernas o en ambos sitios.



**Figura 2.26 Scooter clásica Vespa marca Piaggio, 1947.**

**Fuente:** vespa.com.

Entre los diseños eléctricos en este segmento tenemos la Vectrix, de procedencia estadounidense, que ha sido una de las más vendidas desde el 2010. En ese momento, tenía características de uso urbano comparables a una de 125 cc de combustión, poseía baterías de Ni-MH. Con la incorporación de la tecnología de almacenamiento basada en LiFeO<sub>4</sub>, se han podido mejorar sus prestaciones. Se podría decir respecto al aspecto, que más bien se asemeja a una maxi scooter o mega scooter.



A continuación se presenta una foto del modelo disponible en el mercado.



**Figura 2.27 Motocicleta Vectrix. VX-1 Li/Li+**  
**Fuente:** vectrix.org

Como punto de partida, la tomaremos para hacer un análisis de sus características básicas previo a definir las metas del dimensionamiento del sistema propulsor eléctrico para un segmento similar de prestaciones y modos de uso, o simplemente con la finalidad de estudiar los aspectos clave de esta fase y aplicarlos en cualquier otra tipología de motocicleta.

## **2.5.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES VECTRIX <sup>12</sup>**

- El modelo VX-1 Li / Li + es una motocicleta totalmente eléctrica, diseñada para todo tipo de carreteras, alcanza una velocidad de 110 km /h, con una autonomía desde hasta 64-136 km, acelera 0-80 km / h en tan sólo 6 segundos.
- Como novedades del sistema de control, tiene un sistema patentado para acelerar y frenar con un simple giro del acelerador junto con una reversa a baja velocidad para el estacionamiento.
- Posee un manejo superior debido a un bajo centro de gravedad, marco rígido, y la distribución uniforme del peso.
- La recarga rápida se realiza a 110V/220V estándar y carga las baterías a 80% de capacidad en 2,5 horas.
- La vida útil de las baterías está estimada de 1.600 ciclos de descarga.

---

<sup>12</sup> MOTOSELECTRICAS.NET, recuperado de <http://motoselectricas.net/vectrix-1967.html> el 29 de junio del 2013.

- Los nuevos VX-1 Li / Li + tiene una capacidad de 3,7 kilovatios hora y el VX-1 Li + tiene una capacidad de 5,4 kilovatios hora.

Características constructivas:

- Unidad de engranaje planetario montada en la rueda trasera.
- Un marco de aluminio aeronáutico.
- Frenos de disco delantero y trasero, marca Brembo.
- Tenedor telescópico delantero de 35 mm, Marzocchi.
- Amortiguadores dobles traseros, marca Sachs.
- 1.4 pies cúbicos de almacenamiento a bordo y un baúl trasero opcional que ofrece un adicional de 1.7 pies cúbicos de almacenamiento.

## **CAPÍTULO III**

### **3 DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL TREN MOTRIZ**

El presente capítulo muestra el resultado de la búsqueda de los componentes adecuados para el tren motriz de una motocicleta eléctrica plegable tipo trail. Se cumplió con todos los requerimiento de seguridad, manejo y ergonomía establecidos para este tipo de motocicleta.

#### **3.1 PREDICCIÓN DE PRESTACIONES**

Esta predicción se realizó para circulación en línea recta, no necesariamente horizontal, comparándolas a distintos ángulos de inclinación.

Es necesario el cálculo de fuerzas tractoras y resistencias al movimiento. No se toma en cuenta la aceleración lateral y cualquier asimetría con respecto al plano longitudinal.

Se incluirán los procesos de aceleración, y de conservación de energía, en base a los ciclos de conducción en un perímetro urbano.

Para optimizar y facilitar el proceso interactivo de diseño se ha procesado la información por medio de dos herramientas informáticas, Microsoft Excel y Matlab Student R2010a, los mismos que nos proporcionan cálculos matemáticos y gráficos mucho más precisos y rápidos, lo que agiliza y garantiza nuestra investigación.

Es de resaltar que a más de seleccionar un motor eléctrico y baterías adecuadas para nuestra motocicleta, la selección del sistema de transmisión

CVT es primordial; el mismo que se ha establecido de acuerdo a las necesidades y especificaciones de la motocicleta.

### **3.2 CONSIDERACIONES EN LA PREDICCIÓN DE PRESTACIONES DE UNA MOTOCICLETA**

Este estudio se basó en una serie de información inicial, se determinó las prestaciones de una motocicleta tipo Trail, a la cual se pudo fácilmente adaptar el tren motriz eléctrico deseado.

Como punto de inicio se tomó en cuenta fuentes que se señalan a continuación:

- Información técnica del fabricante.
  - Manual de usuario.
  - Obtención presiones de inflado cálculo de rodadura.
- Datos de especificaciones técnicas.
  - Peso de la motocicleta.
  - Peso del motor.
  - Peso del CVT.
  - Peso del Ocupante.
  - Velocidad máxima.
  - Tipo de neumáticos empleados.
- Estudios conceptuales y paramétricos.
  - Estudios de fuerzas resistentes.
  - Resistencia a la rodadura.
  - Coeficiente de rodadura a velocidades menores que 165Km/h.
  - Resistencia a la pendiente.
  - Concepto de ° de inclinación.

- Resistencia aerodinámica.
- Estudio de parámetros típicos de  $C_D$ ,  $A_f$ .
- Implemento en el chasis.

### 3.3 ANÁLISIS ESTÁTICO DE LA MOTOCICLETA

#### 3.3.1 DATOS GENERALES

$W = 193Kg$ ,  $p = 2.4 \text{ bar}$ ,  $C_D = 0.5$ ,  $A_f = 0.815m^2$ ,  $\rho_a = 1.67 \text{ kg/m}^3$   $g = 9.8m/s^2$

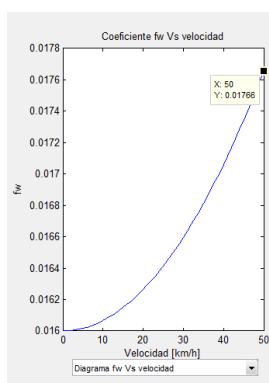
#### 3.3.2 ANÁLISIS RESISTENCIAS AL MOVIMIENTO

Al tener tres tipos de resistencias, a continuación se procederá a analizar cada una de las fuerzas que se oponen al movimiento, para después poder considerar la potencia necesaria para vencerlas.

##### a. RESISTENCIA A LA RODADURA

- El coeficiente de rodadura depende de la presión de inflado, y de la velocidad de la motocicleta, aplicando la Ec. N° 2.7 se procede a calcularla. Se considera un factor similar para el neumático delantero.

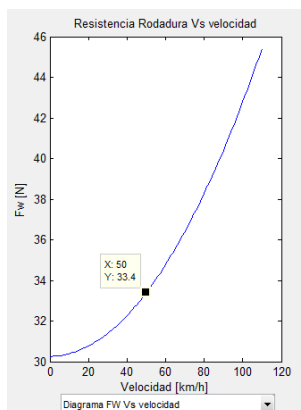
$$f_w = 0,0085 + \frac{0,018}{P} + \frac{1,59 * 10^{-6}}{P} v^2$$



**Figura 3.1**  $f_w$  en función de la velocidad  
Fuente: El Autor

- Se determinó para velocidades de 0-50 [km/h] que  $f_w$ =varía de 0,016 a 0,017.
- En la anterior gráfica se determina el valor exacto de  $f_w = 0,01766$  en el eje de las ordenadas, mientras que en las abscisas  $v = 50$  km/h.
- Con los anteriores valores podemos cuantificar el valor de la resistencia a la rodadura ( $F_w$ ) mediante la Ec. N° 2.6.

$$F_w = W * f_w$$



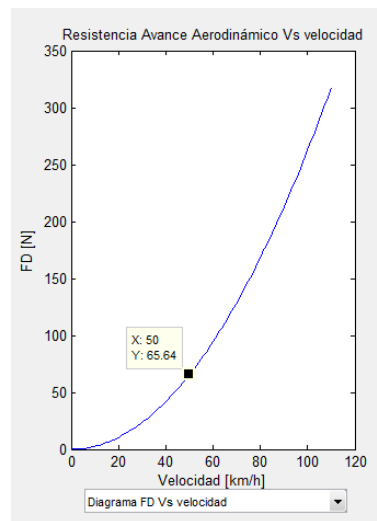
**Figura 3.2 Fw vs velocidad**  
Fuente: El Autor

Se interpreta de la figura 3.2 que  $F_w$  es igual a 33,4 [N], cuando la velocidad ubicada en el eje de las abscisas es 50 Km/h. La resistencia a la rodadura toma importancia hasta esta velocidad.

## b. RESISTENCIA AVANCE AERODINÁMICA

- $C_D$  toma un valor de 0.5 que está en el rango de las motocicletas de turismo en la tabla N° 2.4, de igual manera se evalúa el área frontal  $0.815\text{m}^2$  en la tabla N° 2.5.
- De igual manera se procede a cuantificar el valor de  $F_D$  empleando la Ec. N° 2.9.

$$F_D = \frac{1}{2} * \rho * C_D * A_f * V^2$$



**Figura 3.3 FD vs velocidad**

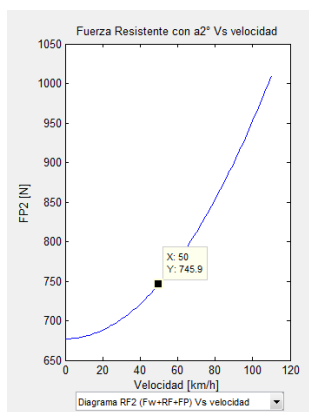
**Fuente:** El Autor

La curva de la figura 3.3, se demuestra que FD es igual a 65,64 [N], cuando la velocidad ubicada en el eje de las abscisas es 50 Km/h. Recordando el valor de Fw podemos afirmar que ésta empieza a ser menos significativa que la resistencia aerodinámica al avance FD, después de los 50 km/h.

### c. RESISTENCIA DE LA PENDIENTE

- La resistencia de la pendiente, Fp en la Ec. N° 2.10, viene a ser la más significativa de las tres resistencias consideradas.
- Al ser el estudio para la ciudad de Latacunga se usó dos ángulos de inclinación uno a 6° y otro a 20°, se consideran estas pendientes para deducir cual será la potencia necesaria para un exceso de pendiente, se tiene en cuenta que el motor eléctrico no siempre estará trabajando a una potencia elevada, pero esta potencia pico será útil en pendientes pronunciadas, aceleraciones bruscas para rebasar.

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



**Figura 3.4 RFP2 vs velocidad**  
Fuente: El Autor

Se analiza en la figura 3.4 que con una elevación de  $20^\circ$ , la resistencia FP es igual a 745,9 [N]. Concluyendo que ésta es la más significativa de las tres resistencias al movimiento.

#### d. ANÁLISIS CONJUNTO

- Se evaluó a 50km/h algo menor que la velocidad máxima. Además se consideró los límites de velocidad en perímetro urbano según las leyes de tránsito en Ecuador.
- En la tabla 3.1 se observa un cuadro con datos comparativos a distintas velocidades, enfatizando a la velocidad de 50km/h. Y para un caso adicional a 100km/h.

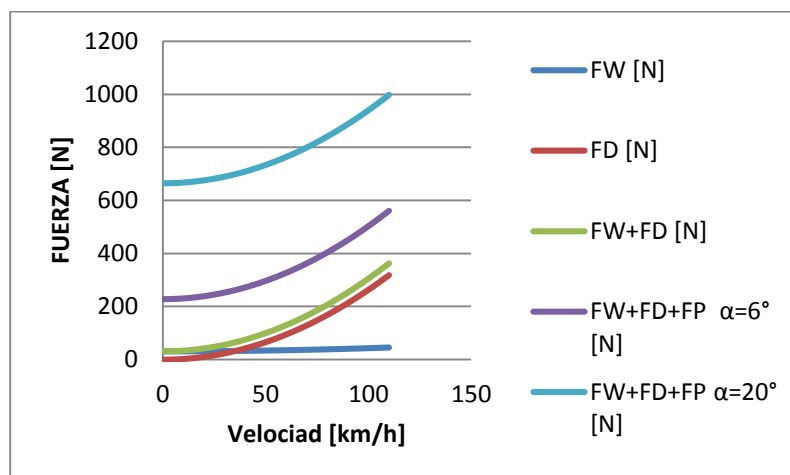
**Tabla 3.1 Parámetros de resistencias al movimiento**

velocidad	f <sub>w</sub>	FW	FD	FW+FD	FW+FD+FP	FW+FD+FP
[km/h]	[-]	[N]	[N]	[N]	α=6°	α=20°
0	0,016	30,2624	0	30,2624	227,9675354	677,159299
5	0,01601656	30,2937263	0,65637056	30,9500969	228,6552323	677,846996
15	0,01614906	30,5443368	5,90733507	36,4516719	234,1568073	683,348571
25	0,01641406	31,0455578	16,4092641	47,4548219	245,1599573	694,351721
30	0,01659625	31,3901473	23,6293403	55,0194875	252,724623	701,916387
35	0,01681156	31,7973893	32,1621576	63,9595469	261,6646823	710,856446
40	0,01706	32,267284	42,007716	74,275	271,9801355	721,171899
50	0,01765625	33,3950313	65,6370563	99,0320876	296,737223	745,928987
100	0,022625	42,792925	262,548225	305,34115	503,0462857	952,238049

Fuente: El Autor.



- La figura 3.5 muestra la evolución de los esfuerzos resistentes en distintas condiciones de pendiente.



**Figura 3.5 Fuerzas resistentes al movimiento**

Fuente: El Autor.

Tras evidenciar la evolución de los esfuerzos resistencias al movimiento se debe considerar el valor máximo a vencer, para determinar la potencia necesaria mínima.

### 3.3.3 POTENCIA REQUERIDA

- La potencia requerida para que se produzca el movimiento en la Ec. N° 2.12, se puede evaluar en función de los esfuerzos resistentes y la velocidad alcanzada.

$$Hw = R_w * \frac{V}{3.6}$$

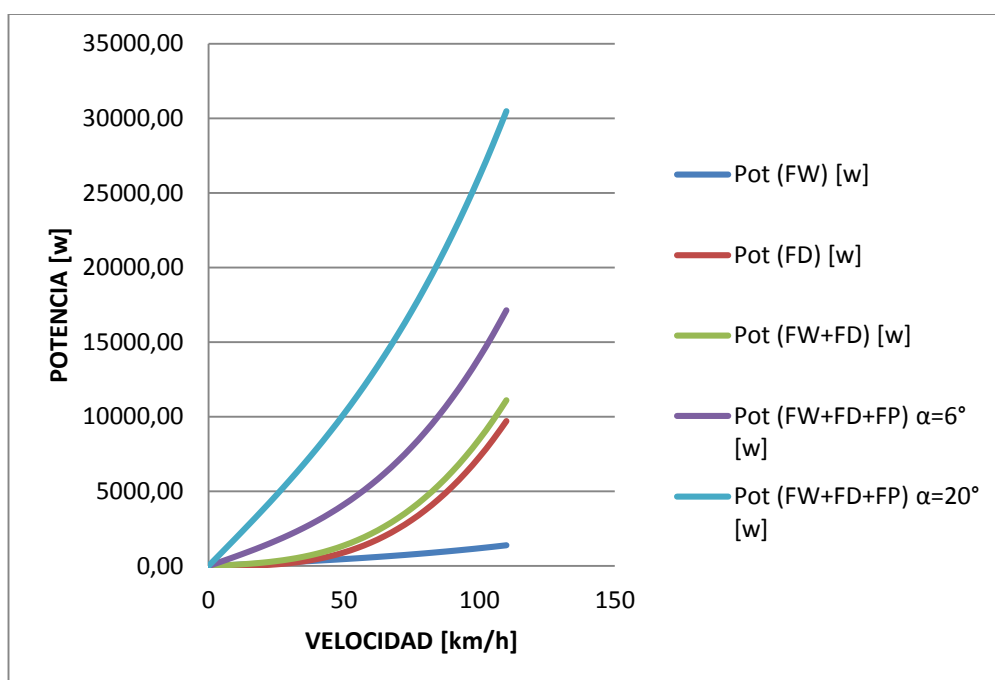
- De igual manera la tabla 3.2 muestra los requisitos de potencia considerando las distintas velocidades que podemos alcanzar con la motocicleta, enfatizando la velocidad de 50km/h y 100km/h, así como también a distintos ángulos de inclinación descritos anteriormente aplicados a la ciudad de Latacunga.

**Tabla 3.2 Parámetros para construir la gráfica de la potencia**

velocidad	Pot (FW)	Pot (FD)	Pot (FW+FD)	Pot (FW+FD+FP)	Pot (FW+FD+FP)
[km/h]	[w]	[w]	[w]	$\alpha=6^\circ$	$\alpha=20^\circ$
0	0,00	0	0	0	0
5	42,07	0,911625782	42,98624566	317,576712	941,454161
15	127,27	24,61389612	151,8819662	975,653364	2847,28571
25	215,59	113,9532228	329,5473743	1702,4997	4821,88695
30	261,58	196,911169	458,4957294	2106,03852	5849,30322
35	309,14	312,6876433	621,8289283	2543,96219	6911,10434
40	358,53	466,7524005	825,2777783	3022,00151	8013,0211
50	463,82	911,6257823	1375,445661	4121,35032	10360,1248
100	1188,69	7293,006259	8481,69862	13973,5079	26451,0569

**Fuente:** El Autor.

- La figura 3.6 muestra la evolución de las potencias requeridas para vencer las fuerzas resistentes en distintas condiciones de pendiente.

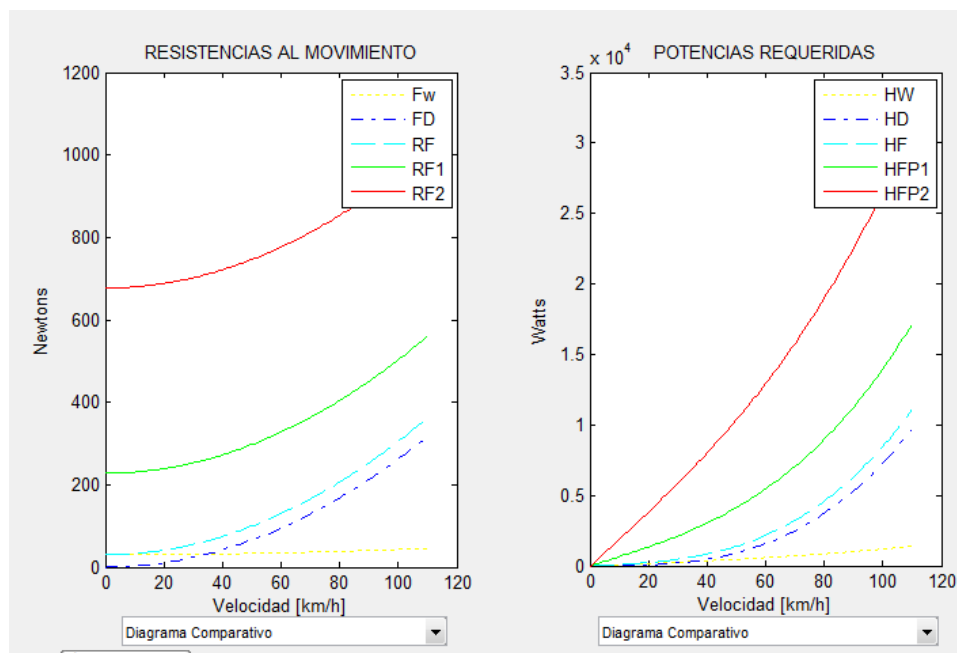


**Figura 3.6 Potencia requerida**

**Fuente:** El Autor.

Se determina que la potencia máxima es la que debe vencer la resistencia máxima.

- Se procederá en la figura 3.7 a indicar el resultado de las gráficas tanto de Fuerzas resistentes al movimiento y de la potencia requerida para vencer dichas fuerzas.



**Figura 3.7 Diagramas comparativos de fuerzas y potencias**  
**Fuente:** El Autor.

Tras evidenciar los cálculos obtenidos para ciertas condiciones, nos permite concluir que la resistencia máxima a vencer por el vehículo es de 745 [N], a una [velocidad de 50km/h], siendo 10360 [W] la potencia requerida.

El motor eléctrico a elegirse debió presentar entre sus características una potencia pico superior a la requerida para movilizar a la motocicleta, en las circunstancias deseadas.

### 3.4 SELECCIÓN DEL MOTOR PARA EL ANÁLISIS

Con las características de potencia necesaria vamos a seleccionar un motor, para ver cómo se modificarían las prestaciones con el modelo seleccionado, además vamos a realizar las siguientes suposiciones:

- Se realizará la transmisión del motor por medio de una banda, estimando una relación de reducción variable.
- Por lo menos será capaz de desarrollar los 50 km/hora en una superficie horizontal.
- Respecto a su voltaje de trabajo, asegurará el menor número de baterías posibles, sin que conlleve a utilizar bajo voltaje.
- Se utilizarán un motor con escobillas con una potencia pico algo inferior, que presente buenas características de par relacionando con las características generales anteriormente calculadas.

### **3.4.1 DATOS DEL MOTOR SELECCIONADO**

El PMG 132 24-72 Volt es un motor compactado. Similar en tamaño a Briggs&Stratton ETEK, pero al mismo voltaje este tiene un 50% mayor pico de protección 40% mayor el torque constante y 120% más stall torque.

El fabricante es un Perm Motor y Germany, la armadura es hecha de cobre.

Es utilizado en pequeños vehículos eléctricos, generadores, go-karts. A continuación exponemos sus características principales.

#### Tamaño

- Cuerpo del motor
  - Diámetro:222mm
  - Longitud: 120 mm
- Eje de salida
  - Diámetro: 19 mm
  - Longitud: 35mm longitud con 6mm de rosca y agujero para seguro.

**Tabla 3.3 Características técnicas de un PMG132 tipo Brush DC**

Specifications		
Voltage	24 -72 V	
Weight	24.8 lb	11kg 249.09g
Angular Velocity Constant	50.2 rpm/V	
Torque Constant	27 ozf.in/A	0.1905 N.m/A
Terminal Resistance	0.025 Ohm	
No-load Current	6A	
Rotor Inertia	1370 oz.in_	
Inductance	19μH	
Continuous Current	110 A	
10 minute current	200 A	
Terminals	8mm	
<b>48 V</b>		
Perfomance Peak Efficiency	86%	
Peak Power	19.1hp	14.17 kW
No-load Angular Velocity	2380 r/min	
Stall Current	960 A	
Stall Torque	25600 ozf.in	180.78 N.m

**Fuente:** electricmotorsport



**Figura 3.8 Motor PMG 132**

**Fuente:** El Autor

### 3.4.2 ANÁLISIS DEL MOTOR SELECCIONADO

Ventajas

- Electrónica regulación menos complicada que los Brushless y de reluctancia conmutada, barata construcción.

- Un grado de mantenimiento menor al del motor de combustión, debido al desgaste de las escobillas, comparado con un motor de combustión.
- El control no es requerido si no hay regulación de velocidad.

#### Desventajas

- Mayor tamaño con respecto a los Brushless debido al colector. Cabe señalar que el motor seleccionado tipo pancake es un compacto de los tipos de PM Brush Motors.
- Costo mayor que el de los tamaños normales de los motores con colector.
- A altas velocidades la fricción de las escobillas se incrementa reduciendo el par.
- La potencia disipada en la armadura, reduce las características de Potencia en relación al tamaño.
- Arcos en las escobillas generan ruido en el funcionamiento del motor
- Generará solo aproximadamente 70 km autonomía debido a que la potencia que solicita el motor a las baterías.

### **3.4.3 DETERMINACIÓN DE LA CURVA CARACTERÍSTICA PAR VELOCIDAD**

Con los datos de las características técnicas de un PM132 tipo Brush DC, que se encuentran en la tabla 3.3, vamos a realizar una determinación analítica de la Potencia máxima, dados los datos de la velocidad sin carga y el Torque Stall.

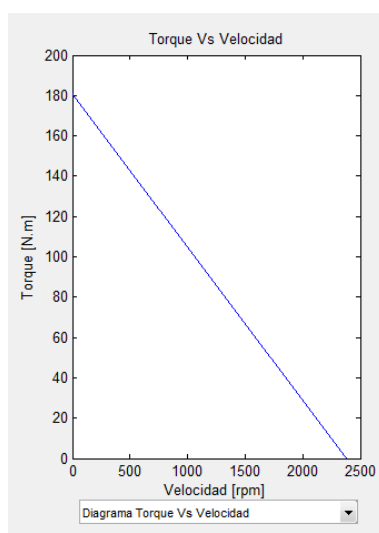
Para esto, el primer paso es construir la curva par, velocidad, por lo que generamos una tabla con tres velocidades y tres momentos, que se muestra a continuación en la tabla 3.4.

**Tabla 3.4 Valores de velocidad y torque**

$\omega n$	$\tau S$
<i>rpm</i>	<i>Nm</i>
0	180,73
1190	90,35
2380	0

**Elaborado:** El Autor

Con los datos descritos en la tabla 3.4, se realizó la figura 3.9 la curva torque velocidad del motor eléctrico



**Figura 3.9 Curva par-velocidad PMG 132 DC motor a 48 V**  
**Fuente:** El Autor

La curva de potencia se obtiene con los datos medios de la curva de Stall torque y velocidad, estos se muestran en la tabla 3.5

**Tabla 3.5 Potencia Calculada**

<i>Velocidad</i>	<i>Potencia</i>
<i>rpm</i>	<i>Kw</i>
0	0
1190	11000
2300	4700
2380	0

**Fuente:** El Autor

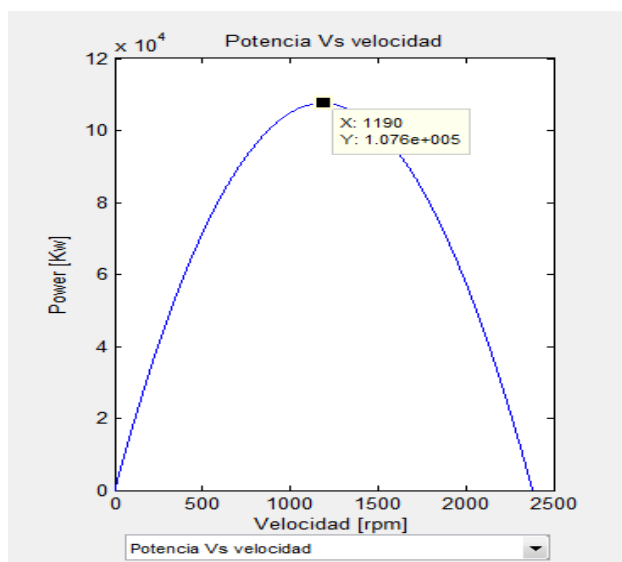
Dónde:

$$P_{motor}(\omega) = \tau * \omega$$

$$\omega = \frac{1}{2} \omega_n, \tau = \frac{1}{2} \tau_s.$$

$$P_{motor}(\omega) = 11 \text{ Kw}$$

A continuación se muestra en la figura 3.10 la curva aproximada de la evolución de la potencia, donde se destaca la potencia máxima calculada.

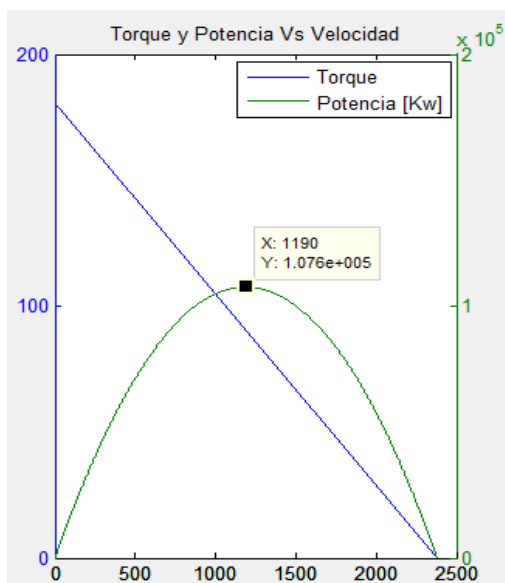


**Figura 3.10 Potencia mecánica con la velocidad**

**Fuente:** El Autor

De las características del fabricante, se puede apreciar la relación entre el par y la velocidad de un motor PMG132 a 48V, podemos realizar un cambio de ejes y además compararlos con la potencia que se obtendría, así construimos la figura 3.11:





**Figura 3.11 Potencia y par, con la velocidad**  
Fuente: El Autor

Podemos determinar que la potencia máxima se encuentra a 1190 rpm del motor y el torque máximo del motor se encuentra a bajas rpm.

### 3.5 SELECCIÓN DE LA TRANSMISIÓN PARA EL ANÁLISIS

Para la selección de este tipo de transmisión se ha basado que los ciclomotores y scooter están diseñados pensando en la comodidad y la facilidad de conducción en un ciclo urbano, dichos vehículos emplea una transmisión automática, por lo que la mejor opción ha sido elegir el sistema de transmisión que utilizan Scooters; mismo que satisface altamente las necesidades requeridas; además se ha considerado su facilidad de acoplamiento, funcionamiento y mantenimiento a nuestra motocicleta.

#### 3.5.1 CONDICIONES DE DISEÑO Y CÁLCULOS DE SELECCIÓN

Es necesario realizar cálculos matemáticos que ayuden a determinar la idoneidad de la transmisión con el motor eléctrico, para evitar deficientes

diseños que no cumplan con los objetivos planteados al inicio de la presente investigación.

### a. ESTUDIO DE CVT “JOY-150”

La transmisión que originalmente se encuentra en la motocicleta Motor Uno “JOY-150”, tomando en cuenta sus características realizaremos una comparación entre ambas motocicletas.

**Tabla 3.6 Comparación para selección de CVT**

<i>Características</i>	<i>Motor Uno "JOY-150"</i>	<i>Motocicleta Eléctrica Plegable</i>
<b>Tipo de Motor:</b>	4 Tiempos. 1 cilindro refrigerado por aire	Eléctrico PMG 132; 48 V
<b>Cilindrada:</b>	150 cc	-
<b>Tipo de Encendido:</b>	CDI	Eléctrico
<b>Número de Velocidades:</b>	Automática	Automática
<b>Tipo de Transmisión:</b>	Banda	Banda
<b>Suspensión Delantera:</b>	Barras telescópicas hidráulicas	Barras telescópicas hidráulicas
<b>Suspensión Trasera:</b>	Doble amortiguador con resorte helicoidal	Doble amortiguador con resorte helicoidal
<b>Freno Delantero:</b>	Disco	Disco
<b>Freno Trasero:</b>	Tambor	Tambor
<b>Tipo de Llanta Delantera:</b>	130/60-13	110/70-17
<b>Tipo de Llanta Trasera:</b>	130/60-13	3,5 – 10 51 J
<b>Alto:</b>	1200 mm	
<b>Largo:</b>	1970 mm	
<b>Ancho:</b>	670 mm	
<b>Peso sin fluidos:</b>	185 kg	
<b>Peso con fluidos:</b>	195 kg	193 kg
<b>Peso del Motor</b>	10 kg	5 kg
<b>Potencia</b>	9.5 CV / 7500 rpm	14 CV / 1190 rpm
<b>Par Máximo</b>	9.6 Nm a 6000 rpm	20 Nm / 2380 rpm
<b>Consumo:</b>	125 km/gal	
<b>Autonomía:</b>		20 km

**Fuente:** El Autor

Observamos de la tabla 3.6 que la transmisión será la adecuada para el proyecto ya que las condiciones de trabajo son similares, teniendo en cuenta

que la velocidad necesaria no es 120 km/h sino máximo 40 km/h, debido a que está diseñada para una zona urbana.

Sin embargo en la tabla 3.7 podemos observar mucha diferencia entre las revoluciones alcanzadas por el motor eléctrico.

**Tabla 3.7 Datos técnicos CVT**

CVT de JOY 150	
Tipo de CVT	De Bandas
Tipo de Frenos	De disco o neumático
Relación de Velocidad	Infinitamente variable dentro del rango
Relación de Transmisión	360 ° Nominal desde 0.5 a 1.8
Potencia Máxima	15 Kw
Velocidad Máxima	120 Km/h
RPM MÁX	8000
RPM FUNCIONAMIENTO	3000

**Fuente:** El Autor

La potencia máxima que el CVT es capaz de transmitir, de igual manera la velocidad máxima, se ha extraído de la tabla anterior dichos datos:

$$**POTENCIA A TRANSMITIR** = 15 [Kw]$$

$$**VELOCIDAD MÁXIMA REGISTRADA** = 120 \left[ \frac{Km}{h} \right] a 8000 [rpm]$$

$$**RPM de funcionamiento** = 3000 [rpm]$$

La transmisión CVT está acoplada directamente al motor, lo que permite que la potencia pico sea transferida por nuestra CVT, misma que es capaz de transmitir la potencia máxima o pico de entrada suministrada por el motor PMG 132, justificando el uso del modelo y marca de CVT.

Es muy importante observar que las RPM de funcionamiento del CVT son 3000 rpm, convirtiéndose en una limitación el usar esta transmisión, razón por la cual se ha modificado los elementos internos para poder accionar la transmisión con las revoluciones que brinda el motor eléctrico.

### **a.1 Matemática de CVT JOY - 150**

Se ha procedido a calcular las distintas variables matemáticas del CVT, con las ecuaciones 2.16 y 2.17

- **FUERZA DE LOS RODILLOS**

Donde:

$v$ , es la velocidad de accionamiento 3000 rpm con radio de 0,015m

$$Fv = \frac{0,060 \text{ kg} * (4,71\text{m/s})^2}{0,015 \text{ m}}$$

$$Fv = 88 \text{ [N]}$$

- **FUERZA DEL MUELLE**

Donde:

$k$  es la constante de elasticidad 1,9 kN/m

$x$  la distancia en metros que se desplaza 0.045m

$$Fm = 1,9 * 0,045 = 86 \text{ [N]}$$

Se ha determinado que la fuerza necesaria para vencer la fuerza del muelle es 80 N, esta fuerza se consigue cuando el motor alcanza las 3000 rpm.

El motor eléctrico tan solo llega a 1200 rpm, pues su funcionamiento y curvas de trabajo son distintas. Se ha realizado ciertas modificaciones en los elementos internos para accionar el CVT JOY – 150.

## **b. MODIFICACIÓN CVT “JOY – 150”**

### **b.1 Centrífugo delantero**

En el centrífugo delantero no se ha realizado ninguna modificación, aunque se puede modificar este elemento al variar los pesos de los rodillos, incrementando la masa se obtiene mayor fuerza manteniendo bajas revoluciones, pues la masa es directamente proporcional a la fuerza.

### **b.2 Centrífugo trasero**

Es el elemento en donde se realizó modificaciones para que el sistema de transmisión funcione adecuadamente. Se realizó modificaciones en el muelle, cambiando su constante de elasticidad para que la fuerza a vencer por los rodillos no sea tan elevada. Se ha calculado la constante adecuada en la fórmula para después manufacturar un muelle con esta característica.



**Figura 3.12 Centrífugo trasero modificado**

**Fuente:** El Autor

Además se ha realizado modificaciones en los ferodos del CVT, retirando los muelles que ayudan a su retorno, con la intención de que la maza se

acople con la polea tan pronto inicie el movimiento, al ser el motor eléctrico de imanes permanente permiten el movimiento sin importar que no tenga carga eléctrica.



**Figura 3.13 Ferodos modificados**  
**Fuente:** El Autor

### **b.3 Reducción trasera**

El sistema de reducción trasera ha sido modificado debido a las prestaciones del motor por su torque.

Las condiciones iniciales y originales de la reducción fueron de 1 a 9, lográndose con 5 engranajes.

Se ha modificado esta condición empleando una reducción de 1 a 3, como lo recomienda el fabricante del motor eléctrico.

### **c. RANGO DE RELACIONES DE TRANSMISIÓN DE CVT “JOY-150”**

Para la determinación del rango de transmisión se ha empleado la ecuación 2.20, y teniendo en cuenta que la transmisión CVT se convierte de

sistema reductor a multiplicador de velocidad, por lo que se ha analizado en las dos posiciones extremas.

Además se considera necesario el análisis con el sistema reductor de engranajes.

### **c.1 Sistema reductor**

Es la primera posición de mecanismo y teniendo en relación los diámetros de las poleas se determina que:

Siendo  $d_1$  el diámetro del cono delantero y  $d_2$  el diámetro del cono trasero.

$$\frac{d_1}{d_2} = i \text{ reductor}$$

$$\frac{22 \text{ mm}}{132 \text{ mm}} = i \text{ reductor}$$

$$\frac{1}{6} = i \text{ reductor}$$

La relación de transmisión como sistema reductor es 1:6 y significa que la polea de salida es seis veces menor que el de entrada.

Analizando el sistema reductor de engranajes tenemos:

$$\frac{1}{6} * \frac{Z \text{ Engranje Conductor } 1}{Z \text{ Engranaje Conducido } 1} * \frac{Z \text{ Engranje Conductor } 2}{Z \text{ Engranaje Conducido } 2} = i$$

$$\frac{1}{6} * \frac{12}{40} * \frac{12}{40} = i \text{ reductor}$$

$$0,015 = i \text{ reductor}$$

## c.2 Sistema multiplicador

Es la posición del mecanismo que permite multiplicar las revoluciones logrando incrementar la velocidad, se determina que:

Siendo  $d_1$  el diámetro del cono delantero y  $d_2$  el diámetro del cono trasero.

$$\frac{d_1}{d_2} = i \text{ multiplicador}$$

$$\frac{105}{35} = i \text{ multiplicador}$$

$$\frac{3}{1} = i \text{ multiplicador}$$

La relación de transmisión como sistema multiplicador es 3:1 lo que significa que la polea de salida es 3 veces mayor que la entrada.

Analizando el sistema reductor de engranajes tenemos:

$$\frac{3}{1} * \frac{Z \text{ Engranje Conductor } 1}{Z \text{ Engranaje Conducido } 1} * \frac{Z \text{ Engranje Conductor } 2}{Z \text{ Engranaje Conducido } 2} = i$$

$$\frac{3}{1} * \frac{12}{40} * \frac{12}{40} = i \text{ multiplicador}$$

$$0,26 = i \text{ multiplicador}$$

## 3.6 SELECCIÓN DE LOS NEUMÁTICOS PARA EL ANÁLISIS

### 3.6.1 NEUMÁTICO POSTERIOR

Al haber utilizado todo el conjunto motriz trasero de una motocicleta scooter, el uso de la rueda original se hace indispensable, razón por la cual se ha hecho necesario emplear el neumático 3,5 – 10 51 J.



De aquí podemos deducir:

<b>b</b> =93 mm	(ancho neumático)
<b>h</b> =72 mm	(altura neumático)
<b>r<sub>ll</sub></b> =254 mm	(rin del neumático)
<b>D<sub>t</sub></b> =398 mm	(diámetro total del neumático $r_{ll}+2h$ )
<b>R</b> =199 mm	(radio total del neumático $D_t/2$ )
<b>R<sub>o</sub></b> =199-(1-fw)	(radio efectivo)
<b>V<sub>max</sub></b> =100 Km/h	



**Figura 3.14 Neumático trasero**  
Fuente: El Autor.

### 3.6.2 NEUMÁTICO DELANTERO

Resulta de vital importancia elegir un neumático delantero que cumpla con los requisitos para el proyecto, y al ser en la parte delantera una motocicleta tipo trail se vio la necesidad de utilizar un neumático de mayor diámetro, además con el uso de este neumático se mantiene el centro de gravedad estable y la maniobrabilidad de la motocicleta es ideal.

El neumático elegido es 110-90- 70 J.

De aquí podemos deducir:

**b**=90 mm (ancho neumático)

**h**=72 mm (altura neumático)

**r<sub>ll</sub>**= 220 mm (rin del neumático)

**D<sub>t</sub>**=398 mm (diámetro total del neumático  $r_{ll}+2h$ )

**R**=199 mm (radio total del neumático  $D_t/2$ )

**R<sub>o</sub>**=199-(1-fw) (radio efectivo)

**V<sub>max</sub>**=100 Km/h



**Figura 3.15 Neumático delantero**

**Fuente:** El Autor.

### **3.7 MOTOR Y CVT FRENTE DESPLAZAMIENTO DEL VEHÍCULO**

Vamos ahora a determinar los requerimientos básicos del motor frente al desplazamiento del vehículo, con el objetivo de determinar que requerimientos

como por ejemplo par, velocidad y potencia serán requeridos según los esfuerzos resistentes calculados.

### **3.7.1 VELOCIDAD ANGULAR MÁXIMA DE LA RUEDA Y PAR RESISTENTE**

Si conocemos el deslizamiento, determinamos un factor para calcular el radio bajo carga a una velocidad alcanzable. Con respecto a la velocidad, ésta no puede ser mayor que la máxima soportada por el neumático que es  $V_{max}=100$  Km/h.

Entonces a 50Km/h tenemos un deslizamiento  $\epsilon =0.017$ , que ha sido obtenido del cálculo de  $f_w$  para velocidades menores a 165 Km/h con una presión de inflado de 2,4 bar. Entonces el radio efectivo a la correspondiente velocidad es:

$$R_o = 199 - (1 - 0.017)$$

$$R_o = 198.017 \text{ mm}$$

La velocidad angular de la rueda viene dada por:

$$\omega_w = V_{max} * 1000 / R_o * 3.6$$

Sustituyendo la velocidad y el radio bajo carga tenemos:

$$\omega_w = 70,14 \text{ rad/seg}$$

$$\omega_w = 670 \text{ rpm}$$

Esta velocidad sería la máxima que debería generar nuestro sistema de propulsión. Sí se tratara del diseño de la cadena se podría dimensionar para la velocidad máxima del neumático.

Otro parámetro importante es el par en la rueda, relacionando con la potencia. Es el par en las ruedas debe ser determinado a la velocidad máxima que se desea alcanzar:

$$**H(50) = 1375.44 w**$$

Esta se puede determinar de dos maneras en función de la velocidad angular o en función de la velocidad de avance y el radio efectivo

Entonces el par se calcula:

$$**T_w = H/\omega_{max}**$$

$$**T_w = 1375.44/70,14**$$

$$**T_w = 19.60 Nm**$$

Las vueltas del motor dependerán de la relación de transmisión

Así:

Sistema Multiplicador:

$$**W_m = 670 rpm/0,26**$$

$$**W_m = 2576,9 rpm**$$

En la figura 3.16 se observa los datos de las RPM del neumático y del motor a 50 km/h.

Valores obtenidos					
Resistencia Potencia Par-Rueda					
50 [km/h]	Inclinación a 0°	Inclinación a a1°	Inclinación a a2°		
RESISTENCIA [N]	99.0321	296.737	745.929		
POTENCIA [W]	1375.45	4121.35	10360.1		
PAR RUEDA [N.m]	24.5716	73.6257	185.078		
Voltaje Velocidad Torque Corriente					
Si RPM de Neumático	534.541	rpm	Entonces RPM del Motor	979.99:	rpm
Rel. Voltaje RPM	NaN	Volts	Torque Motor	13.402	N.m
Corriente Consumida	NaN	A	Potencia Pico	NaN	HP

**Figura 3.16 Desplazamiento del vehículo y motor a 50km/h**  
Fuente: El Autor

### 3.7.2 RELACIONES VELOCIDAD – VOLTAJE – TORQUE – CORRIENTE

Con esta velocidad podemos calcular el voltaje necesario a través de la relación lineal velocidad voltaje dada por el fabricante.

$$V = 2351,6 \text{ rpm} / 50.2 \text{ rpm/V}$$

$$V = 46,8 \text{ V}$$

Entonces si el control de velocidad lo hacemos hasta el voltaje de 48 V, lograríamos nuestro propósito.

Usando la relación de transmisión calculamos el par en el eje del motor,

$$T_m = 75 \text{ Nm} * 0,26$$

$$T_m = 19,5 \text{ Nm}$$

El torque máximo que nos brinda el motor es de 38 Nm, lo cual garantiza la selección correcta del motor para nuestro diseño.

La corriente consumida para lograr este par será obtenida con la característica del motor

$$I = 6A + 34,347Nm / (0,1905)Nm/A = 187 A$$

Con respecto a la potencia pico que puede dar este motor tenemos un dato de 19.1 Hp,

$$PeakPower = 19.1 * fc = 14.17 Kw$$

Motor Eléctrico			
Wn = No load speed [rpm]	2380	Wkte = Ang vl. cst. [rpm/V]	50.2
Ts = Stall torque [N.m]	180.78	I = No load current [A]	6
Tkte = Torque constant [N.m/A]	0.1905	PP = Potencia Pico [Kw]	14.17
Valores obtenidos			
Resistencia Potencia Par-Rueda			
100 [km/h]	Inclinación a 0°	Inclinación a a1°	Inclinación a a2°
RESISTENCIA [N]	305.341	503.046	952.238
POTENCIA [W]	8481.7	13973.5	26451.1
PAR RUEDA [N.m]	75.762	124.817	236.272
Voltaje Velocidad Torque Corriente			
Si RPM de Neumático	1069.06 rpm	Entonces RPM del Motor	2351.9 rpm
Rel. Voltaje RPM	46.8513 Volts	Torque Motor	34.437 N.m
Corriente Consumida	186.773 A	Potencia Pico	19.100 HP

**Figura 3.17 Datos finales**

**Fuente: El Autor**

Finalmente en la figura 3.17 se observa los datos finales que el programa matemático nos proporciona

Este pico de potencia, es superior al par resistente, pero debemos analizar las condiciones operativas del motor.

Hay que señalar que la potencia máxima de este motor calculada para construir la curva característica potencia velocidad es 11Kw.

Para esta potencia el torque es máximo, igual a 90Nm

La corriente para esta condición será:

$$I = 6A + 90Nm / (0,1905)Nm/A = 478 A$$

Finalmente podemos señalar que bajo otras condiciones de relación de transmisión podemos mejorar las características de par velocidad a velocidad máxima. Siendo esta aproximación una guía para nuestro diseño.

Si se modifica el voltaje de operación a 72V, serían muy fáciles alcanzar estas características pero los costos se encarecerían, por las fuentes de almacenamiento.

Por razones de investigación, es importante ensayar este tipo de alternativas a un costo reducido, por lo tanto aunque se vean afectadas las prestaciones, a la hora de adaptar a una scooter o una moto enduro, vamos a considerar esta aplicación.

Si se desea incrementar las prestaciones, podemos usar un controlador que vaya en un rango de 48 V, con una corriente aceptable.

## **3.8 SELECCIÓN DE ELEMENTOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS PARA EL ANÁLISIS**

### **3.8.1 SISTEMA DE CONTROL**

#### **a. SELECCIÓN DEL CONTROLADOR**

El uso de controladores es el método más eficiente, ya que nos puede generar una salida de voltaje que varía de acuerdo a la consigna de par, que será proporcionada por el conductor de la motocicleta. El par dependerá de la carga de acuerdo la curva de funcionamiento de motor. Así la corriente que regulara el par y el voltaje que se entrega al motor, son la principal preocupación de este controlador.

Con respecto a costos, la selección de un controlador ALTRAX AXE 4844. 400Amp es la solución más económica, aunque se vean afectadas en algo prestaciones para el ejemplo, en vista del par máximo que se puede alcanzar con esta relación que será igual a:

$$\tau_{max} = 440 * 27/143.1 = 83Nm$$

### Ec. 3.1 Selección del controlador

Sin embargo existe la posibilidad de realizar modificaciones a la relación de transmisión para alcanzar las metas de par para vencer la resistencia aerodinámica y rodadura a la velocidad máxima.

Con respecto a la velocidad, realizando ensayos se podría ver los rangos de funcionamiento en los puntos de intersección del momento resistente en distintas condiciones frente a distintas condiciones operativas.

Usando el estudio realizado, muestra que para mantener una velocidad en pendiente máxima del 6% de hasta 80Km/h en relación directa.

En plano estaría entre 90 y 95 Km/h

El controlador seleccionado es el Altrax AXE adecuado para el motor PM BushDC, a continuación mostramos su diagrama general de conexión:

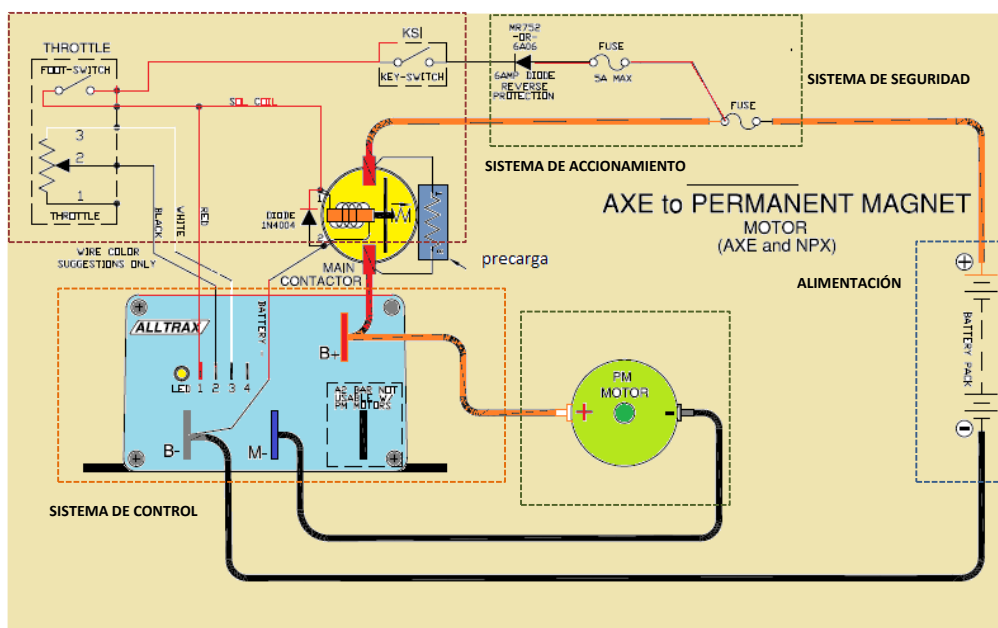


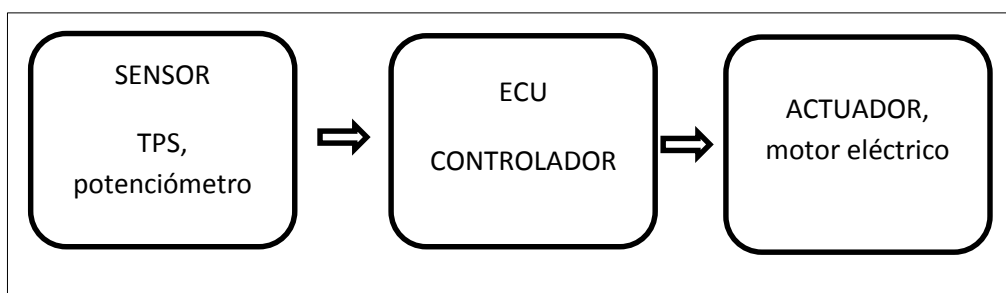
Figura 3.18 Diagrama eléctrico del controlador  
Fuente: motorsport.com



Es importante realizar unas ciertas observaciones:

- Los cables de poder colocados en color naranja y negro, deben ser seleccionados adecuadamente para la corriente pico que van a soportar.
- Se debe colocar una resistencia de potencia adecuada para la precarga
- Un alto voltaje también pasa por los interruptores KSI y Foot SWITCH por lo que hay que tener especial cuidado con su manipulación. Se recomienda antes de conectar entrenarse adecuadamente en la manipulación de alto voltaje

Básicamente la función del controlador se asemeja a la de la ECU del vehículo moderno. En la figura se puede visualizar el diagrama lógico de trabajo del controlador.



**Figura 3.19 Diagrama lógico del controlador**  
Fuente: motorsport.com

La señal que envía el potenciómetro es de 0 a 5 voltios, mismos que al llegar al controlador lo codifica y re envía la señal de alimentación que varía de 0 a 48 voltios al actuador eléctrico.

El ángulo de giro del potenciómetro es directamente proporcional al voltaje que recibe el motor eléctrico, por intermedio del controlador.

## b. SELECCIÓN DE LA PALANCA DE CONTROL

Domino Twist-Grip Throttle with Microswitch, es el encargado de enviar la señal al controlador Alltrax para que a su vez lo codifique y lo reenvíe a el motor eléctrico.

Se lo eligió debido a que es ligero y cuneta con un potenciómetro nominal de 5k ohm, presenta una agradable visualización y se apega al convencional acelerador de motocicleta con motor de combustión interna.

**Tabla 3.8 Características técnicas de Twist-Grip Throttle**

Specifications		
Ohm	5k ± 10%	
Nominal Voltage	12	VDC
Max Operating Voltage	40 VDC	
Power Rating	0,25	W
Operating Temperature	bajo 20° A 85°	
Protection Degree	IP 54	
Cyles	500000	
Linearity	± 2%	
Continuous Current	110 A	
10 minute current	200 A	
Terminals	8mm	
Perfomance Peak Efficiency	86%	
Peak Power	19.1hp	14.17 kW
No-load Angular Velocity	2380 r/min	
Stall Current	960 A	
Stall Torque	25600 ozf.in	180.78 N.m

Fuente: electricmotorsport

## 3.8.2 SISTEMA DE ACCIONAMIENTO

### a. SELECCIÓN DEL CONTACTOR

Al trabajar con altas intensidades ALBRIGHT 36-48V SW180 (200A CONT.), es la mejor opción para realizar la activación automática del circuito.

El contactor se de polo único, proyección única, normalmente abierto, y sus puntas tiene 15mm de contacto.

**Tabla 3.9 Características técnicas de Contactor**

Specifications	
<b>Coil Voltage</b>	36 - 48 v
<b>Rated Voltage</b>	36 V DC
<b>Current (continuous)</b>	200 Amp
<b>Faul Current</b>	1000 Amp
<b>Protection Degree</b>	IP 54

**Fuente:** electricmotorsport

## b. SELECCIÓN DEL INTERRUPTOR

Para el circuito de baja potencia necesitamos un interruptor de dos posiciones que sea accesible y fácil de encontrar en el mercado.

El contactor se de polo único, y sus puntas tiene 5mm de contacto.

**Tabla 3.10 Características técnicas de Interruptor**

Specifications	
<b>Coil Voltage</b>	36 - 48 v
<b>Rated Voltage</b>	36 V DC
<b>Current (continuous)</b>	200 Amp
<b>Faul Current</b>	1000 Amp
<b>Protection Degree</b>	IP 67

**Fuente:** electricmotorsport.com

## 3.8.3 SISTEMA DE CONEXIÓN

### a. SELECCIÓN DE LOS CABLES

Tenemos que diferenciar los dos circuitos existentes, de alta y baja intensidad.

Para el circuito de baja potencia se utilizó conductor N° 16. Y para el circuito de alta potencia se usó ORANGE WELDING CABLE 4 AWG, este cable viene con un forro interior de seguridad de un color opuesto. Cumple o supera todas las especificaciones del cable de soldadura y amperaje. Ácido, gas, aceite, la luz del sol (ozono), llama, y resistente al agua. El cable es extremadamente resistente a la abrasión y es el cable de más larga duración en el mercado.



**Figura 3.20 Cable alta tensión**  
Fuente: electricmotorsport.com

**Tabla 3.11 Características técnicas ORANGE WELDING CABLE 4 AWG**

Specifications	
Strands	30 GA class K stranding
Wall Thickness	0 ,62 in
Temp Ratin	bajo 49° a 105°
Faul Current	1000 Amp
Protection Degree	IP 70

Fuente: electricmotorsport.com

### 3.9 SELECCIÓN DE BATERÍAS

De igual manera se ha diseñado una interfaz en Matlab para que la ilustración de la selección de baterías sea más interactivo.

Teniendo en consideración que los distintos ciclos son los regidos por Normas Europeas.

### 3.9.1 CICLO URBANO

Así para los todos valores del ciclo urbano donde existe incremento de velocidad tenemos, la energía estimada, y su subtotal expresado en Kwh. Este valor se deberá sumar a los valores calculados más adelante con el fin de calcular la energía estimada total.

**Tabla 3.12 Energía consumida para incrementar la velocidad, SU**

<i>V<sub>o</sub></i>	<i>V<sub>i</sub></i>	<i>Potencia inercia</i>	<i>Potencia pendiente</i>	<i>Potencia aire</i>	<i>Potencia total</i>	<i>Energía</i>	<i>Energía Total</i>
<i>km/h</i>	<i>km/h</i>	<i>W</i>	<i>W</i>	<i>W</i>	<i>W</i>	<i>w*s</i>	<i>Kwh</i>
0	15,00	455,48	84,84	9,84	550,00	2200,70	<b>0,0143651</b>
0	32,00	690,98	186,93	95,59	974,00	11682,20	
0	50,00	778,60	309,21	363,65	1453,00	37764,30	
<b>TOTAL</b>						<b>51.647,2</b>	

**Fuente:** El Autor

Con respecto a las energías para mantenimiento de velocidad se obtendrán con la potencia necesaria para vencer el par resistente y el tiempo en mantenimiento de velocidad. Así se cuantifica el total en la siguiente tabla.

**Tabla 3.13 Energía para el mantenimiento de velocidad, SU**

<i>V</i>	<i>Resistencia Rodadura (FW)</i>	<i>Potencia (FW)</i>	<i>Tiempo</i>	<i>Energía</i>	<i>Energía Total</i>
<i>km/h</i>	<i>N</i>	<i>W</i>	<i>s</i>	<i>w*s</i>	<i>Kwh</i>
15	36,5	151,9	15	2.278,2	<b>0,010925694</b>
32	58,4	519,4	24	12.465,1	
50	99,0	1.375,5	12	16.505,4	
35	64,0	621,8	13	8.083,8	
<b>TOTAL</b>				<b>39.332,5</b>	

**Fuente:** El Autor

Se considera que no se necesitará energía aportada por el motor para reducir la velocidad, más bien se está recuperando energía. Su estimación podría usarse si se realizara el estudio del freno regenerativo que no está considerado, y por lo tanto está fuera del alcance de este estudio.

### 3.9.2 CICLO INTERURBANO

Para la determinación del gasto e energía se aplica una metodología similar a las del ciclo urbano. En la presente tabla se muestran los resultados en los tramos donde existe incremento de velocidad.

**Tabla 3.14 Energía consumida para incrementar la velocidad, SI**

<i>V<sub>o</sub></i>	<i>V<sub>i</sub></i>	<i>Potencia inercia</i>	<i>Potencia pendiente</i>	<i>Potencia aire</i>	<i>Potencia total</i>	<i>Energía</i>	<i>Energía Total</i>
<i>km/h</i>	<i>km/h</i>	<i>W</i>	<i>W</i>	<i>W</i>	<i>W</i>	<i>w*s</i>	<i>Kwh</i>
0	70	41	967.751	583.927	1.000.600	2.552.279	<b>0,138</b>
70	100	35	1.179.923	1.118.083	2.917.203	5.215.209	
50	70	13	1.494.925	583.927	1.000.600	3.079.453	
100	120	20	1.781.453	1.636.117	5.040.926	8.458.495	
<b>TOTAL</b>						<b>19.305.436</b>	

**Fuente:** El Autor

En mantenimiento de velocidad un ciclo interurbano aplicado a la Vectrix, ha generado los siguientes resultados.

**Tabla 3.15 Energía mantenimiento de velocidad, SI**

<i>V</i>	<i>Resistencia Rodadura (FW)</i>	<i>Potencia (FW)</i>	<i>Tiempo</i>	<i>Energía</i>	<i>Energía Total</i>
<i>km/h</i>	<i>N</i>	<i>W</i>	<i>s</i>	<i>w*s</i>	<i>Kwh</i>
70	173,68	337.711.111	50	168.855.556	<b>0,1918</b>
50	103,44	143.666.667	69	99130	
100	322,92	8970	30	269100	
120	451,69	150.563.333	10	150.563.333	
<b>TOTAL</b>				<b>319.787.119</b>	

**Fuente:** El Autor

### **3.9.3 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.**

- En el ciclo urbano, para totalizar el gasto de energía se toma el triple de sumatoria de las dos energías como el total consumido, cuyo resultado es 251231,1 ws en una distancia de 2,832 Km en 585 seg.
- En el ciclo interurbano se realiza la misma determinación que da como resultado 1115027,04 ws en una distancia de 6.822 Km en 400seg.
- Se totaliza 1366.258,1 que corresponde a 0,3795 Kwh en 9,654 2Km recorridos bajo un ciclo de conducción de 985s.
- En 70 Km de autonomía, debemos realizar 7,25 ciclos de conducción siendo necesaria 2,75kwh de energía consumida en un tiempo de 1 hora 59 min.
- Este valor debemos dividirlo para el rendimiento del motor 0,87 y de la transmisión 0,9, cuyo valor final será 3,51Kwh de energía necesaria en baterías.
- Si tenemos un voltaje de funcionamiento de 48 v la capacidad teórica máxima será 73Ah para cubrir esta demanda.
- Sin considerar el rendimiento del motor y la transmisión podríamos decir que una capacidad de carga ideal será 57 Ah.
- Para calcular el peso del pack de baterías debemos dividir la Energía para la densidad Energética.
- Además según la curva de la descarga dimensionaremos el correcto tamaño de la batería.
- También se debe tomar en cuenta tanto la logística de compra e importación de componentes y la relación de costes, que va ser el factor que influenciará más al proyecto

### **3.9.4 ANÁLISIS DE LA SELECCIÓN DE UN TIPO DE BATERÍA**

De igual manera se ha preparado un entorno interactivo para poder seleccionar el tipo de batería. Sea dicho de paso que los datos previos se han

cargado en función de los datos y cálculos realizados previamente, el cálculo estará dado para 70 km de autonomía

Como punto de partida, se va a suponer una batería de Pb-ácido, en la que su capacidad de descarga es de 5 horas, como en nuestro caso la descarga se produce en 1,98 horas, el % de la capacidad correspondiente a dicho tiempo es de 78%.

$$\text{Capacidad 5h} = \frac{\text{Capacidad 1,98h}}{\% \text{ de diferencia}} = \frac{3,12\text{Kwh}}{0,83} = 4.872 \text{ Kwh}$$

### Ec. 3.2 Capacidad batería para 5 h

Si deseamos que solo se descargue hasta el 80% se aplicará un sobredimensionamiento

$$\text{Capacidad batería} = \frac{\text{Capacidad 5h}}{\text{Índice \% carga}} = \frac{4.872 \text{ Kwh}}{0.8} = 6,08 \text{ Kwh}$$

### Ec. 3.3 Capacidad batería

Para determinar la masa de la batería utilizamos el valor de la densidad de energía, así:

$$\begin{aligned} \text{Masa de la batería} &= \frac{\text{capacidad de batería}}{\text{Densidad de Energía}} = \frac{6,08 \text{ Kwh}}{35} \\ &= 173\text{kg a } 110\text{Ah} \end{aligned}$$

### Ec. 3.4 Masa de batería

Si asumimos la misma capacidad de carga para realizar la comparación con las baterías de otros tipos tenemos, en la siguiente tabla se visualiza la comparación de las distintas características que constituyen una batería.



**Tabla 3.16 Comparativa de distintas baterías**

<i>Energía KWh</i>		<i>5,27</i>			
<i>Tipo</i>	<i>Densidad de Energía</i>	<i>Masa vs densidad de Energía</i>	<i>% Peso total</i>	<i>Coste</i>	<i>COSTE Europa</i>
	<i>wh/Kg</i>	<i>Kg</i>	<i>%</i>	<i>\$/Kwh</i>	<i>Euros</i>
<b>Plomo ácido</b>	35	150,57	78,02	52	274,04
<b>Plomo ácido avanzado</b>	45	117,11	60,68	169	890,63
<b>Niquel Cadmio</b>	50	105,40	54,61	260	1370,2
<b>Niquel metal Hidruro</b>	70	75,29	39,01	221	1164,67
<b>Ion litio</b>	135	39,04	20,23	130	685,1

**Fuente:** El Autor

Se determina que para cumplir los requerimientos planteados con la utilización baterías de Pb- ácido se necesita 150 kg lo que representa un 78 % del peso total de la motocicleta. No es viable emplear esa masa energética en la motocicleta, debido a que en la sección de protocolo se re analizará la autonomía de la motocicleta.

## CAPÍTULO IV

### 4 IMPLEMENTACIÓN DE LA MOTOCICLETA ELÉCTRICA PLEGABLE

En el siguiente capítulo se expondrá el ensamble de la motocicleta eléctrica plegable, teniendo en cuenta que las piezas que serán descritas fueron previamente analizadas estáticamente en software CAD CAE, y cumplieron con los factores de seguridad, tanto en el chasis<sup>13</sup>, como en los sistemas complementarios<sup>14</sup>

#### 4.1 ENSAMBLE DEL TREN MOTRIZ

Para el desarrollo de la motocicleta se tomó en cuenta los elementos seleccionados anteriormente, y la distribución se la realizó primero en un software de modelado, para después proceder a implementarlo en objetos tangibles.

El tren motriz es el responsable de dar movimiento a nuestro vehículo, y para una correcta descripción del ensamblaje, se ha dividido en dos sub sistemas, el primero el sistema mecánico, conformado por el motor, la transmisión CVT, las bases y las ruedas; el segundo sistema está

---

<sup>13</sup> Arias Pérez, X. A. (2014). Diseño de la Bastidor, Chasis y Sistemas Auxiliares de una Motocicleta Eléctrica Plegable. (Tesis pregrado inédita). Departamento de Energía y Mecánica. Universidad de Las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga.

<sup>14</sup> De la Cruz Laica, J. R. (2014). Diseño de la Suspensión, Dirección y Plegado de una Motocicleta Eléctrica Plegable. (Tesis pregrado inédita). Departamento de Energía y Mecánica. Universidad de Las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga.

contemplado por el circuito eléctrico y electrónico, que consta de dos circuitos de alto y bajo amperaje.

A continuación se describirá las características de cada sistema.

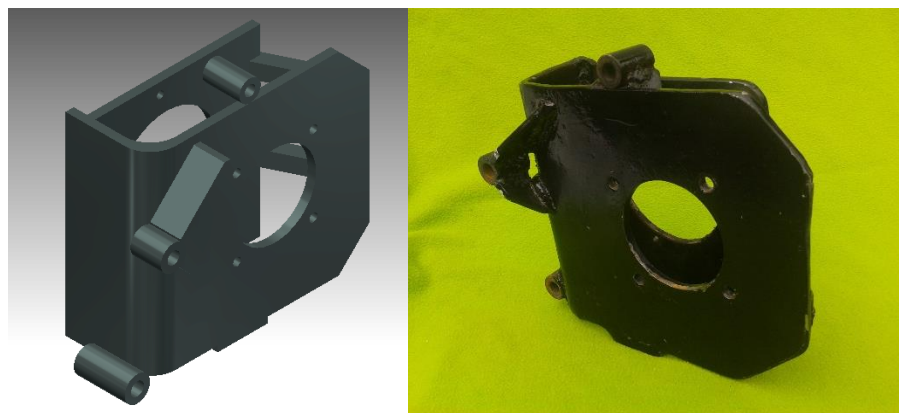
#### **4.1.1 SISTEMA MECÁNICO**

Se describirá cada uno de los elementos necesarios para el montaje del tren motriz, así como también se va a describir las características de cada elemento, sean estas bases, elementos de unión y apoyos.

##### **a. MONTAJE DE LA BASE DEL MOTOR Y BASE DEL CVT**

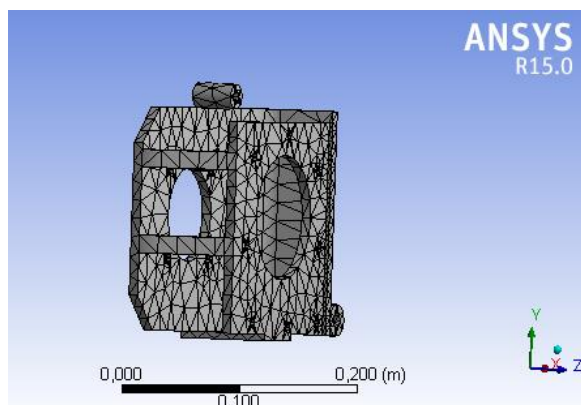
Para el montaje de la base del motor fue necesario visualizar el montaje de la base de un motor de combustión interna. Debido a que ésta debía bascular junto a toda la suspensión.

A partir de este diseño se procedió a realizar el diseño de una base para el motor eléctrico, todo el conjunto del motor con la transmisión basculan junto a la suspensión, razón por la cual se debió analizar las distintas alternativas que podían optimizar el diseño, finalmente en la siguiente imagen se observa la base del motor digitalizada y como un producto manufacturado.



**Figura 4.1 Base del motor**  
**Fuente:** El Autor

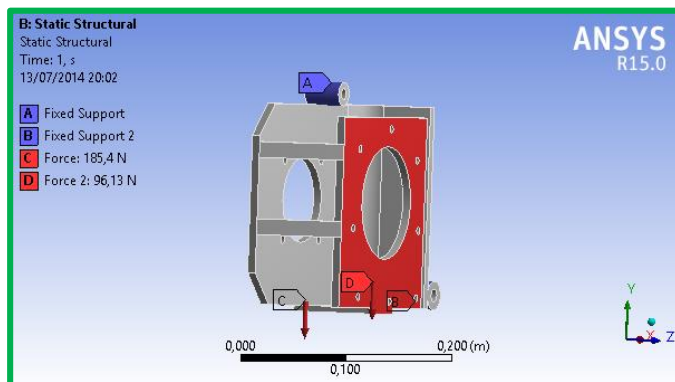
La pieza anteriormente descrita debe soportar el peso del motor, por una de sus caras y el peso del CVT por la otra superficie. Además debe cumplir con coeficientes de seguridad, para lo cual se ha realizado el análisis por elementos finitos, de acuerdo a la determinación del software ANSYS.



**Figura 4.2 Base del motor mallado**  
Fuente: El Autor

En la figura anterior se observa la cantidad de elementos que genera el programa para el análisis, algo que asegura una mayor precisión de resultados y que disminuye el tiempo de cálculo en el caso que se hubiese realizado a mano. La cantidad de nodos es 6107 y el número de elementos 2821.

Se aplica dos fuerzas que representan al peso del motor y al peso del porta – centrífugos, en la siguiente figura se observa la distribución de cargas en la base siendo A, B los soportes en los que va montado dicha base, mientras que C el esfuerzo causado por la masa del motor eléctrico y D el esfuerzo generado por la masa del porta centrífugos.



**Figura 4.3 Base del motor y apoyos**  
Fuente: El Autor

En la siguiente tabla se resumen estos datos.

**Tabla 4.1 Parámetros de la base del motor**

Pieza	Base del Motor
Fuerza sometida	185,4 N - 96,13 N
Nodos	6107
Elementos	2821
Material	ASTM A36 acero estructural
Deformación máxima posible	$4.0255e^{-6}$ m
Esfuerzo de fluencia	2 530 kg/cm <sup>2</sup> (250 MPa, 36 ksi)
Esfuerzo mínimo de ruptura	de 4 080 kg/cm <sup>2</sup> a 5 620 kg/cm <sup>2</sup> (400 a 550 MPa, 58 a 80 ksi)
Factor de seguridad	15

**Fuente:** De la Cruz Laica, J. R. (2014)

El motor bascula junto a la transmisión y la suspensión, razón por la cual en la base del motor se ha diseñado tres puntos de apoyo los mismos que ayudan a que la suspensión ayude a bascular a todo el conjunto, apoyados en el chasis.

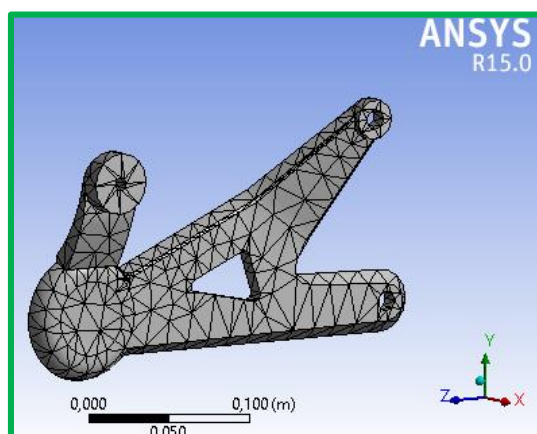
Los dos bujes ubicados a la derecha de la base, sirven para realizar el mecanismo de basculación respecto a la base, mientras que el superior es el apoyo que la base tiene en el chasis.

En la siguiente figura el elemento de basculación digitalizada y manufacturada, la misma que posteriormente va acoplada a la base del motor y al neumático trasero.



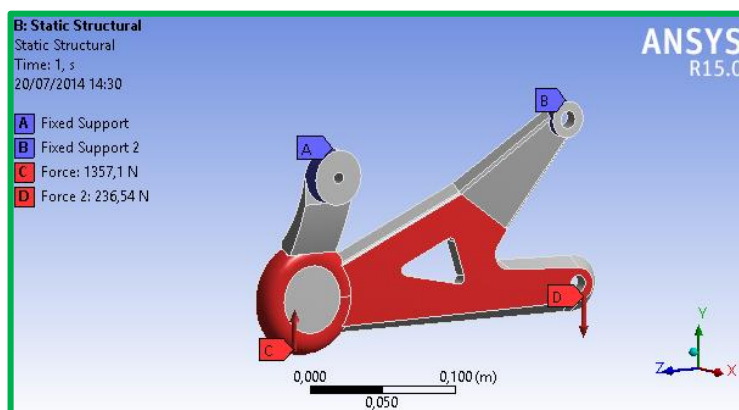
**Figura 4.4 Elemento basculante**  
Fuente: El Autor

Este elemento debe soportar el peso del motor y su base, teniendo un punto de apoyo en el chasis, se ha realizado el análisis por elementos finitos, de acuerdo a la determinación del software ANSYS.



**Figura 4.5 Elemento basculante mallado**  
Fuente: El Autor

En la figura siguiente se evidencia los esfuerzos que se dan, donde A y B son los soportes existentes, A del amortiguador y B de la junta con la base del motor, mientras que C el esfuerzo normal generado por la masa que soporta el neumático trasero y D la masa del motor con la base del motor.



**Figura 4.6 Elemento basculante y apoyos**

**Fuente:** El Autor

Se observa la cantidad de elementos que genera el programa para el análisis, en la siguiente tabla se presentan estos datos.

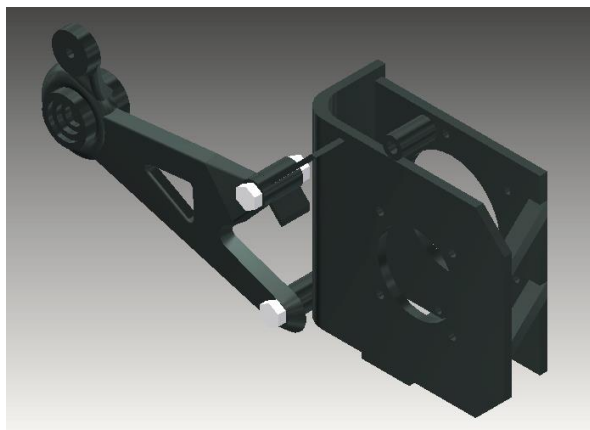
**Tabla 4.2 Parámetros del elemento basculante**

<b>Pieza</b>	<b>Elemento basculante</b>
Fuerza sometida	1351,1 N - 346,54 N
Nodos	3393
Elementos	1600
Material	ASTM A36 acero estructural
Deformación máxima posible	$4.0255e^{-6}$ m
Límite Elástico	250 MPa
Esfuerzo mínimo de ruptura	de 4 080 kg/cm <sup>2</sup> a 5 620 kg/cm <sup>2</sup> (400 a 550 MPa, 58 a 80 ksi)
Factor de seguridad	15

**Fuente:** De la Cruz Laica, J. R. (2014)

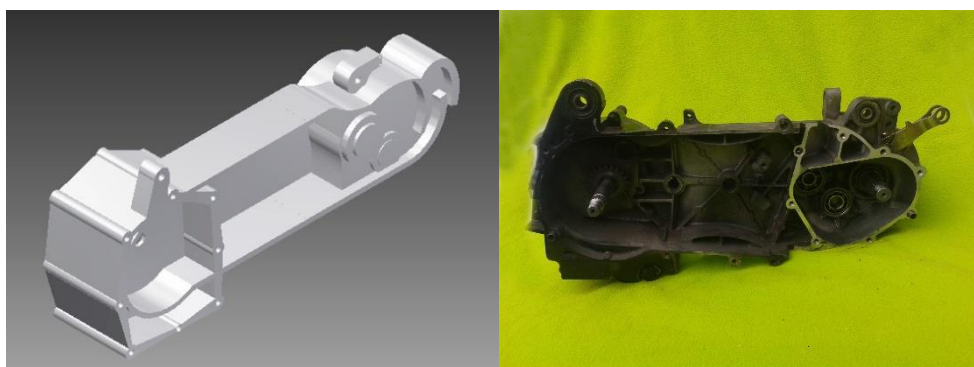
Los elementos de unión utilizados fueron pernos hexagonales TR 20x90-8.8, tornillo de alta resistencia, de 20 mm de diámetro exterior de la rosca, 90 mm de longitud de vástago y calidad de acero 8.8 (640 N/mm<sup>2</sup> de límite elástico y 800 N/mm<sup>2</sup> de resistencia última), debido a que debe soportar grandes cargas y esfuerzos cortantes.

Se ha realizado el montaje de ambas partes en el software de modelado, se lo puede observar en la imagen a continuación



**Figura 4.7 Base del motor junto al elemento basculante**  
**Fuente:** El Autor

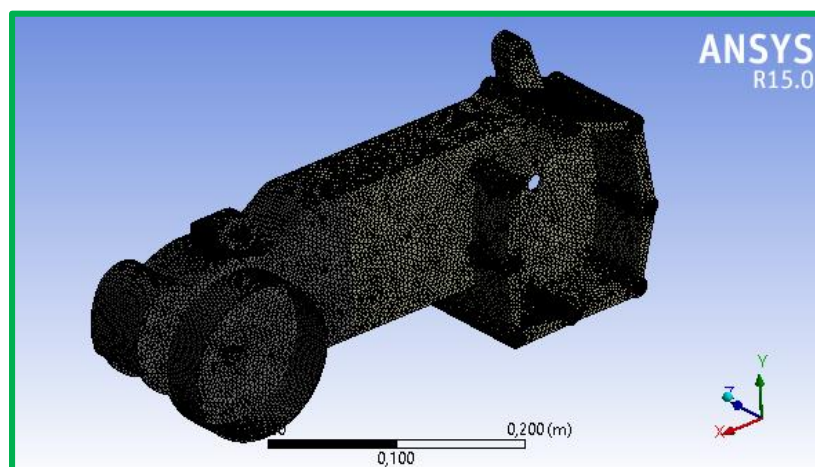
Una parte igual de importante en el tren motriz es la transmisión y debido a que la usada fue una de poleas variables, la base de la transmisión fue seleccionada de una motocicleta scotter, la misma que va apoyada en la base del motor y en el chasis.



**Figura 4.8 Base del CVT**  
**Fuente:** El Autor

Se analizó la base del CVT o porta centrífugos, por elementos finitos de acuerdo a la determinación del software ANSYS.

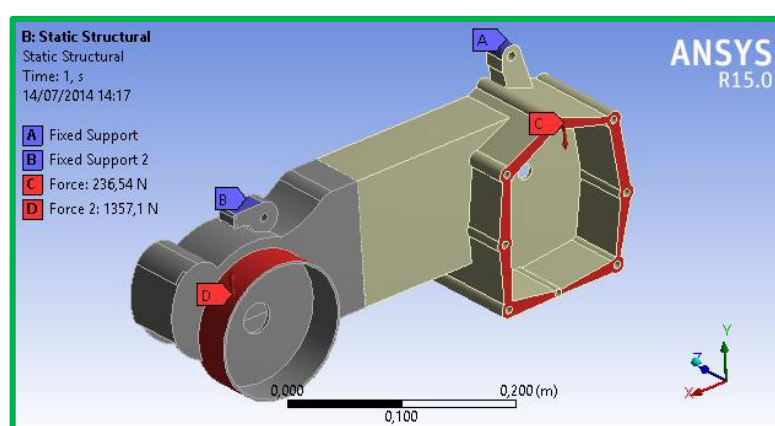




**Figura 4.9 Base del CVT mallada**  
Fuente: El Autor

En el gráfico siguiente se observa los esfuerzos que sufre el porta centrífugos, donde, A y B son los soportes que tiene este cuerpo siendo A el pivote y B la base para el amortiguador.

Mientras que C es la fuerza normal que se genera en esta parte ya que va montado el neumático y este a su vez soporta toda la masa que tiene la moto a partir del centro de gravedad hasta la parte posterior, el esfuerzo C es generado por la masa del motor junto con la base del mismo.



**Figura 4.10 Base del CVT y apoyos**  
Fuente: El Autor

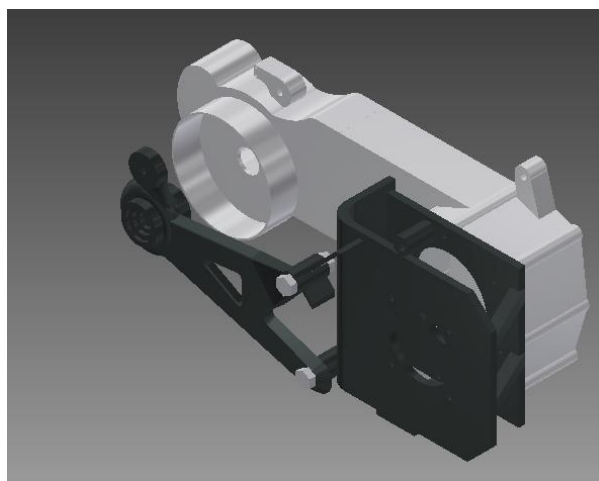
En la siguiente tabla se realiza una síntesis de los datos.

**Tabla 4.3 Parámetros de la base del CVT**

<b>Pieza</b>	<b>Base del CVT</b>
Fuerza sometida	236,54 N - 1357,1 N
Nodos	516461
Elementos	325954
Material	ASTM A36 acero estructural
Deformación máxima posible	0,000512m
Esfuerzo de fluencia	210N/mm <sup>2</sup> .
Esfuerzo mínimo de ruptura	de 4 080 kg/cm <sup>2</sup> a 5 620 kg/cm <sup>2</sup> (400 a 550 MPa, 58 a 80 ksi)
Factor de seguridad	15

**Fuente:** De la Cruz Laica, J. R. (2014)

En el acoplamiento de la base del motor con de la transmisión se utilizó varios elementos de unión ubicados de acuerdo a la configuración de la base del CVT.



**Figura 4.11 Base del motor junto al elemento basculante y CVT**

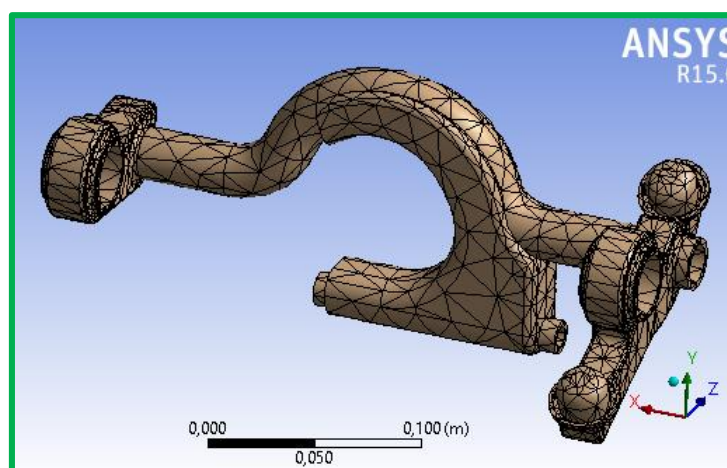
**Fuente:** El Autor

Una vez terminado el acoplamiento de las bases con el elemento de basculación, tan solo resta el apoyo al chasis, en la siguiente figura se observa el elemento de apoyo al chasis diseñado y manufacturado.



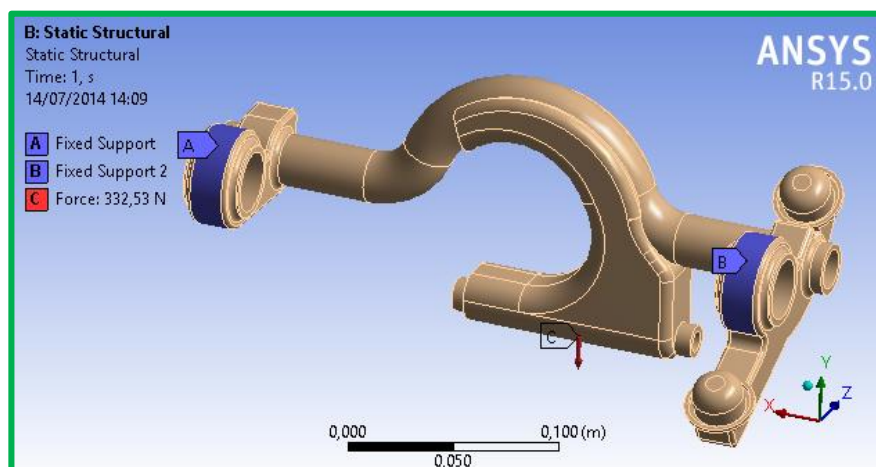
**Figura 4.12 Soporte del basculante**  
Fuente: El Autor

De igual manera se ha determinado los distintos parámetros de diseño en el software ANSYS. En la siguiente figura se visualiza el mallado del elemento.



**Figura 4.13 Soporte del basculante mallado**  
Fuente: El Autor

Se muestra en la figura siguiente el esfuerzo que sufre este elemento siendo A y B los soportes que existen por la unión en estos puntos con el bastidor, y C el esfuerzo que se produce por la masa existente de todo el cuerpo del basculante.



**Figura 4.14 Soporte del basculante y apoyos**  
Fuente: El Autor.

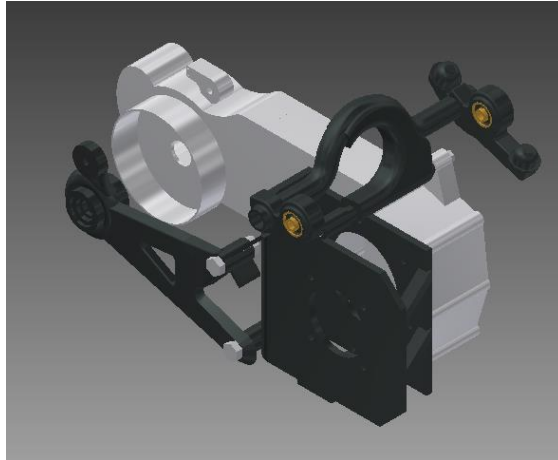
En la siguiente tabla se resumen estos datos.

**Tabla 4.4 Parámetros del soporte del basculante**

Pieza	Soporte del basculante
Fuerza sometida	332,53 N
Nodos	18196
Elementos	9844
Material	ASTM A36 acero estructural
Deformación máxima posible	$1,79 \text{ e}^{-5} \text{ m}$
Límite elástico	$2,1281 \text{ e}^7 \text{ Pa}$
Esfuerzo mínimo de ruptura	de 4 080 kg/cm <sup>2</sup> a 5 620 kg/cm <sup>2</sup> (400 a 550 MPa, 58 a 80 ksi)
Factor de seguridad	15

**Fuente:** De la Cruz Laica, J. R. (2014)

Para el acople se ha estimado utilizar los elementos existentes en el mercado, los mismos que son viables de obtener y ubicar. Se puede observar en la imagen siguiente las bases con los apoyos necesarios, para que todo el conjunto bascule junto a la suspensión.



**Figura 4.15 Bases del tren motriz**  
Fuente: El Autor

## **b. MONTAJE DEL MOTOR**

Para el montaje del motor se ha tomado en consideración la ubicación de un motor tradicional de combustión interna en una motocicleta scotter, debido a que la posición de los ejes de transmisión hacia el CVT favorece el desarrollo del proyecto.

Se diseñó una base cuyas dimensiones se acoplan fácilmente a la carcasa de la transmisión variable y al cuerpo basculante de la motocicleta. Se ha realizado cuatro perforaciones para acoplar el motor a la base.

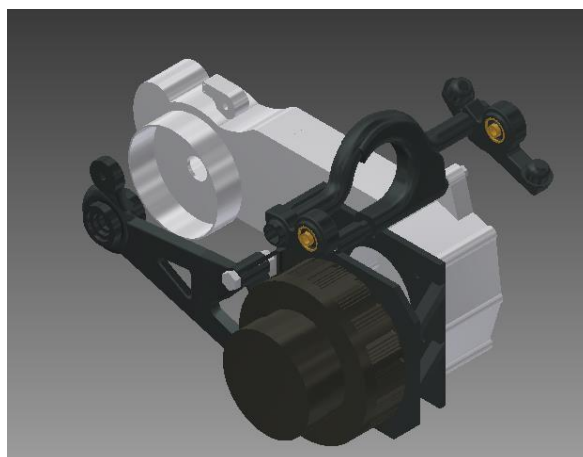
En el eje de salida del motor se ha colocado un mecanismo que permite que la potencia se transmita del motor eléctrico al CVT.

Se ha esquematizado el motor junto al eje de salida para observar que los elementos se acoplen correctamente.



**Figura 4.16 Motor eléctrico**  
**Fuente:** El Autor

Se ha utilizado cuatro pernos cuyo apriete evitará la vibración del motor, y proporciona una fijación total del tren motriz con la carrocería.



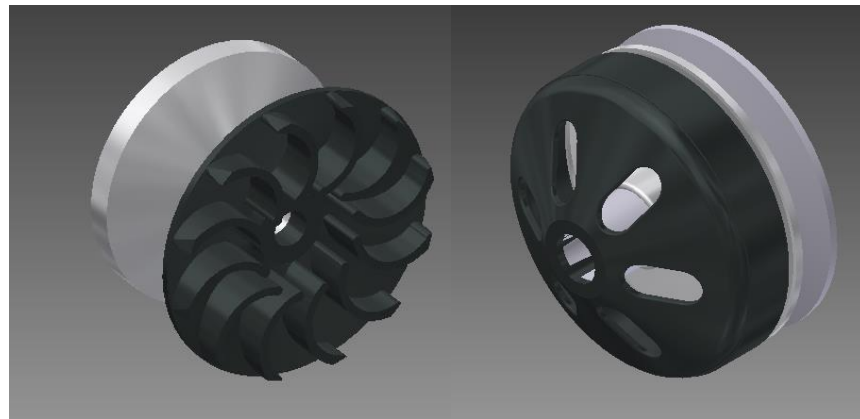
**Figura 4.17 Bases y motor modelados**  
**Fuente:** El Autor

Para el acoplamiento del motor fue necesario montar las bases en el chasis, el montaje del motor a las bases, es importante mencionar que la posición del motor debe ser adecuada para después poder instalar las conexiones eléctricas sin dificultad.

### **c. MONTAJE DEL CVT**

Para el montaje de la transmisión se utilizó el eje propio de entrada al CVT utilizado en motocicletas scoters.

El eje de entrada del CVT ha sido diseñado de tal manera que se acople directamente al eje de salida del motor, lo que permite que la potencia y revoluciones que recibe el CVT sean aproximadas a la que transmite el motor eléctrico. Una vez realizado los acoplamientos a los ejes se procedió a ubicar los centrífugos, el delantero y posterior.



**Figura 4.18 Elementos del CVT**

**Fuente:** El Autor.

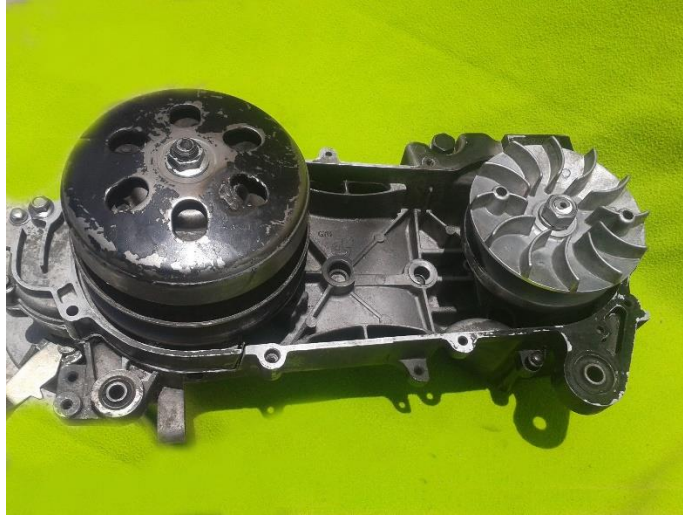
Se ha colocado de manera estándar el centrífugo delantero en el eje de entrada. Después de analizar el mecanismo de la transmisión en el engranaje de salida del CVT, se coloca el embrague trasero, con la variación en el muelle mencionada en el capítulo anterior.



**Figura 4.19 Grupo motriz modelado**

**Fuente:** El Autor

En la siguiente fotografía se puede observar la distancia entre las poleas variables, así como también la banda de transmisión.



**Figura 4.20 Grupo motriz**  
Fuente: El Autor

#### **d. MONTAJE DEL NEUMÁTICO TRASERO**

Finalmente resta describir el montaje del neumático trasero, el mismo que permitirá el movimiento del vehículo.



**Figura 4.21 Neumático trasero**  
Fuente: El Autor

Se ha utilizado los ejes y bulones estándar de motocicletas scooter, en el software de modelado se observa el sistema de transmisión finalizado el



mismo que será ocupado en el ensamblaje a los demás sistemas de la motocicleta.



**Figura 4.22 Tren motriz completo modelado**  
Fuente: E Autor

Del correcto ensamble del tren motriz dependerá el éxito del movimiento de la motocicleta, se debe fijar bien el torque de apriete en los centrífugos, para evitar que la banda patine entre los embragues.

#### **e. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO (FLOW SHEET)**

Para complementar el desarrollo del sistema motriz mecánico del proyecto se procede a continuación a realizar documentos importantes en el diseño de procesos.

**Tabla 4.5 Diagrama de proceso de ensamble mecánico**

Diagrama de Flujo de Proceso de Ensamble								
Actividad: Ensamble del Tren Motriz				ACTIVIDAD	ACTUAL	PROP.	AHORR.	
Fecha: julio 1 del 2014				Operación	0	65		
OPERADOR: John O. Tutillo T.				Transporte	0	0		
ANALISTA: Arias, De La Cruz, Tutillo				Inspección	0	30		
Método: Actual				Retraso	0	0		
Tipo: Técnico				Almacenaje	0	20		
Comentario: Una vez seleccionado los distintos elementos de acuerdo a los cálculos realizados, se procede a ensamblar las piezas guardando un orden para procurar realizar un trabajo eficiente.				TIEMPO	0	115		
				DISTANCIAS	0	12		
				COSTOS	0	6000		
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	SÍMBOLO					TIEM. (min)	DISTAN. (met)	MÉTODO RECOMENDADO
	○	➡	□	D	▽			
Inspección de los elementos a ensamblarse						15	1	
Ensamblar la base del motor con el motor.			●			15	1	
Ensamblar la base del motor con el elemento basculable	●					5	1	
Fijación de los dos elementos utilizando pernos adecuados	●					5	2	
Inspección del avance 1 del ensamble			●			5	1	
Ensamblar la base del CVT junto a la base del motor	●					15	1	
Fijar las bases de motor y del CVT al soporte de la carrocería	●					5	1	
Inspección del avance 2 del ensamble			●			5	1	
Fijación de los elementos ensamblados al neumático trasero.	●					10	1	
Ubicación de los centrifugos y la banda en la base del CVT	●					10	1	
Almacenaje mientras la suspensión y carrocería se encuentren disponibles	●					20	1	

**Fuente:** El Autor

La fotografía muestra cómo queda conformado el tren motriz en su constitución mecánica, faltado de esta manera describir el sistema eléctrico, para que la motocicleta pueda desplazarse.



**Figura 4.23 Tren motriz completo**  
**Fuente:** El Autor

## 4.1.2 SISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO

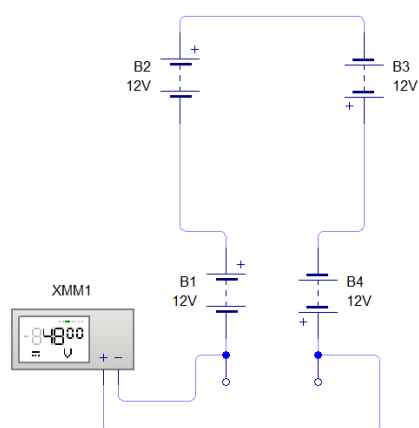
A continuación se procederá a describir aspectos importantes en la conexión del circuito eléctrico-electrónico.

Es importante mencionar que el circuito de eléctrico se encuentra dividido en dos partes en función de la intensidad y potencia que maneja.

Basándonos en los grados de protección IP, los elementos empleados se han de ubicar en lugares adecuados para evitar su exposición innecesaria al medio ambiente.

### a. CIRCUITO DE BATERÍAS

En la conexión de las baterías se empleó el cable N° 4, en serie lo que permite sumar los voltajes aislados de cada batería.



**Figura 4.24 Circuito de baterías**  
Fuente: El Autor

Debido a que necesitamos 48 V, se necesitó 4 baterías, las mismas que van a ser colocadas en el chasis de la motocicleta tal y como se lo muestra en la siguiente fotografía



**Figura 4.25 Distribución baterías**

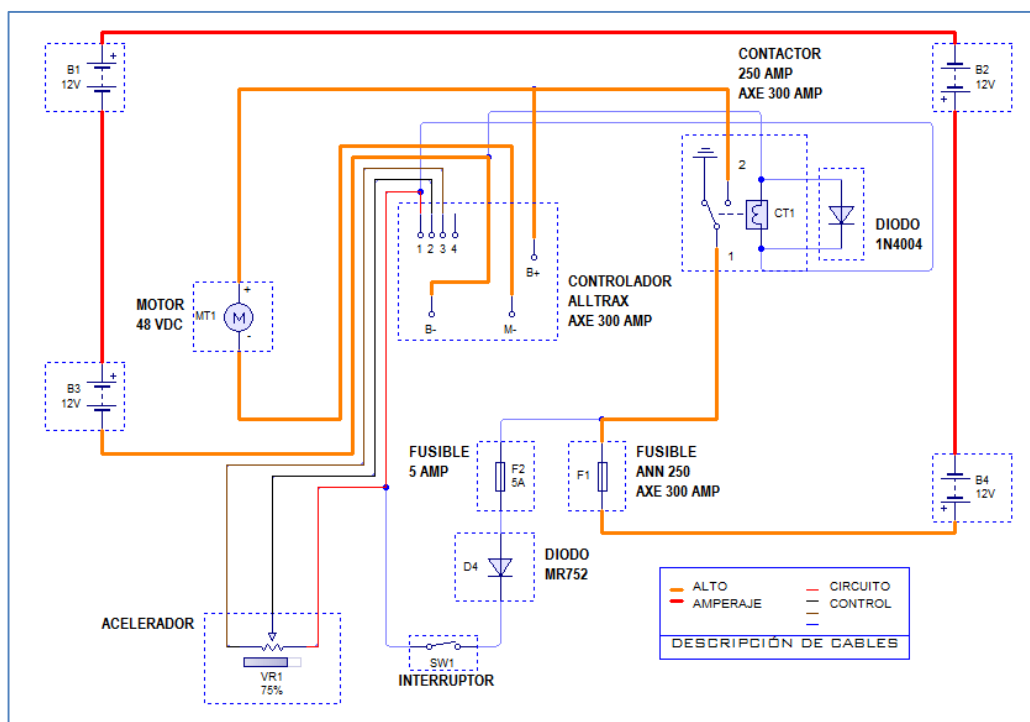
**Fuente:** El Autor

En caso de conectar directamente al motor los 48 V, el motor funcionará normalmente, sin embargo es necesario realizar un circuito de control para poder utilizar la palanca tipo potenciómetro en un circuito de activación y control.

## **b. CIRCUITO DE CONTROL**

Para el correcto funcionamiento del circuito de control se ha empleado dos tipos de circuitos uno de alto amperaje y para el control uno de bajo amperaje, ambos controlados por el ALLTRAX y complementados con el sistema de protección y activación.

Se ha basado en el siguiente circuito para realizar la conexión de cada uno de los elementos.



**Figura 4.26 Circuito de control**

Fuente: El Autor

El circuito fue montado en el chasis considerando los grados de protección IP, sujetos con correas plásticas para evitar un desordenamiento visual y esquemático, esto ayuda a realizar fáciles desmontajes y mantenimientos posteriores.



**Figura 4.27 Distribución de elementos eléctricos**

Fuente: El Autor.

## c. DISEÑO DE PROCESOS

Para complementar el desarrollo del sistema motriz eléctrico del proyecto se procede a continuación a realizar un diagrama de procesos.

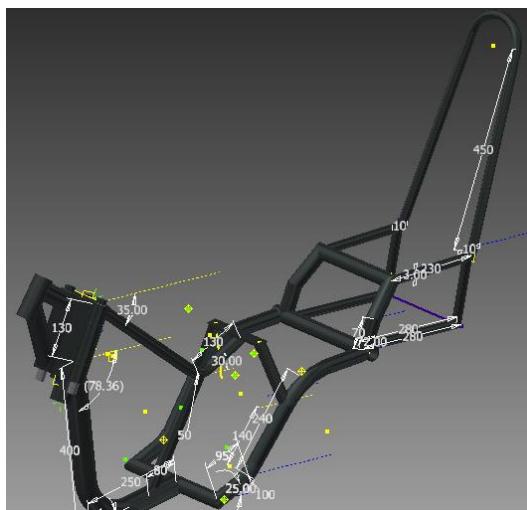
**Tabla 4.6 Diagrama de proceso de ensamble eléctrico motriz**

Diagrama de Flujo de Proceso de Ensamble								
Actividad: Ensamble del Sistema Eléctrico Motriz				ACTIVIDAD	ACTUAL	PROP.	AHORR.	
Fecha: julio 1 del 2014				Operación	0	75		
OPERADOR: John O. Tutillo T.				ANALISTA: Arias, De La Cruz, Tutillo	Transporte	0	0	
Método: Actual				Presupuesto: SI	Inspección	0	25	
Tipo: Técnico				Material: Diversos	Retraso	0	0	
Comentario: Una vez seleccionado los distintos elementos eléctricos y electrónicos de acuerdo a los cálculos realizados, se procede a ensamblar las piezas guardando un orden para procurar realizar un trabajo eficiente.				Almacenaje	0	20		
				TIEMPO	0	100		
				DISTANCIAS	0	11		
COSTOS				0	6000			
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	SÍMBOLO					TIEM. (min)	DISTAN. (met)	MÉTODO RECOMENDADO
	○	⇒	□	D	▽			
Inspección de los elementos a ensamblarse						15	1	
Diseño del circuito						15	1	
Fijación de las baterías en puntos estratégico						5	1	
Ubicación de los elementos de control y potencia en la carrocería de la motocicleta						5	2	
Conexión del circuito de alta potencia						5	1	
Conexión del circuito de control						15	1	
Inspección del avance 1 del ensamble						5	1	
Instalación de los elementos de activación y control						5	1	
Inspección final del ensamble						10	1	
Pruebas de funcionamiento						20	1	

Fuente: El Autor.

### 4.1.3 ENSAMBLE CON LA CARROCERÍA Y CHASIS

Una vez con la los elementos mecánicos del tren motriz ensamblados, resta montar el conjunto motriz a la carrocería.



**Figura 4.28 Carrocería**  
Fuente: El Autor

De igual manera se ha empleado elementos estándar de unión que facilitaron el montaje del tren motriz en el chasis.

## **4.2 ENSAMBLE CON EL SISTEMA DE FRENADO, SUSPENSIÓN, DIRECCIÓN Y PLEGADO**

Es muy importante mencionar que al estar el tren motriz conformado por un solo cuerpo, todo el conjunto debe bascular con la suspensión, esto se logró empleando los muelles de suspensión trasero estándares.



**Figura 4.29 Suspensión trasera**  
Fuente: El Autor

Se puede observar en la figura siguiente la motocicleta completamente modelada.



**Figura 4.30 Modelado motocicleta**  
**Fuente: El Autor**

Finalmente se puede visualizar en la siguiente fotografía el acoplamiento del tren motriz al chasis, dirección y suspensión.



**Figura 4.31 Propuesta final**  
**Fuente: El Autor**



## **CAPÍTULO V**

### **5 PROTOCOLO DE PRUEBAS**

En este capítulo se detalla la comprobación de todos los sistemas que conforman la motocicleta, motivo por el cual los investigadores del proyecto final autorizan la publicación del presente capítulo en los tres escritos, de igual redacción y contenido.

Una parte muy importante del diseño es conceptualizar el protocolo de pruebas, pues mediante este podemos verificar y comprobar los resultados de los objetivos planteados al inicio de la investigación.

Dentro del protocolo de pruebas se considera necesario analizar el modo de funcionamiento de la motocicleta eléctrica plegable enfatizándose en el sistema eléctrico motriz y en el sistema de plegado automático, se realizó las pruebas en estado estático y en ruta registrando todos los datos obtenidos, se comparó la motocicleta de motor eléctrico con el de motor de combustión interna, y finalmente se ha elaborado un formato mediante el cual podemos aceptar o no el desarrollo del proyecto. <sup>15 -16</sup>

#### **5.1 MODO DE FUNCIONAMIENTO**

La motocicleta eléctrica funciona de la siguiente manera:

---

<sup>15</sup> Arias Pérez, X. A. (2014). Diseño de la Bastidor, Chasis y Sistemas Auxiliares de una Motocicleta Eléctrica Plegable. (Tesis pregrado inédita). Departamento de Energía y Mecánica. Universidad de Las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga.

<sup>16</sup> De la Cruz Laica, J. R. (2014). Diseño de la Suspensión, Dirección y Plegado de una Motocicleta Eléctrica Plegable. (Tesis pregrado inédita). Departamento de Energía y Mecánica. Universidad de Las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga.

### 5.1.1 DEL SISTEMA ELÉCTRICO

El circuito inicialmente se encuentra abierto y debe ser cerrado con el INTERRUPTOR ubicado en el manubrio derecho, además es necesario indicar que debajo del interruptor del motor se encuentra un interruptor que controla la activación de luces y accesorios.

El sistema no cuenta con una llave ya que contara con un sistema de plegado que a más de realizar una disminución de espacio de estacionamiento, servirá como un sistema de seguridad, debido a que físicamente la motocicleta no podrá movilizarse con un neumático elevado. El sistema de plegado tan solo se podrá activar o desactivar con un Smartphone vinculado con la tarjeta arduino.

El circuito se energizará, escuchándose un ligero sonido emitido por el CONTACTOR ALBRIGHT 36-48V SW180 (200A CONT.), quien interactúa como punto de conexión entre el circuito de control y circuito de potencia del motor eléctrico.

El TWIST-GRIP THROTTLE, permitirá la aceleración gradual mediante órdenes que enviará al controlador.

El CONTROLADOR ALLTRAX AXE es el encargado de procesar las órdenes enviadas por el acelerador para enviarlas al motor eléctrico y generar el par motor.

El diodo junto con el fusible conforman los elementos de control mismos que evitarán que el CONTROLADOR ALLTRAX AXE y el MOTOR ELÉCTRICO PMG 132 sufran desperfectos por los picos de tensión generados en el sistema.



**Figura 5.1 Ubicación de los elementos del sistema eléctrico motriz**  
Fuente: Los Autores

### 5.1.2 DEL SISTEMA PLEGABLE

Cuando la motocicleta se encuentre en reposo el circuito del plegado deberá ser cerrado por el interruptor ubicado en el manubrio izquierdo.

El circuito energizará al controlador de la automatización ARDUINO UNO, el cual es responsable de guardar y ejecutar las órdenes programadas.

El Smartphone ejecutará la orden para que ARDUINO UNO pueda empezar el proceso, dicha comunicación se realizará mediante Bluetooth.



**Figura 5.2 Interfaz principal APP**  
Fuente: Los Autores

Es importante mencionar que existen dos mandos de operación la automática y la manual las mismas que se presentan en la interfaz del APP, tal y como se visualiza en la figura 5.2

A continuación se detallará el proceso automático de plegado, se inicia el proceso de plegado pulsando el botón FOLD.

ARDUINO UNO interactuará con los tres actuadores eléctricos, mediante un CIRCUITO DE POTENCIA diseñado para el proyecto.

El actuador en ejecutarse primero será el del MECANISMO DE ELEVACIÓN, tras 30 segundos un final de carrera realizará la función de apagar el actuador y activar el siguiente.

El siguiente actuador en accionarse tras la orden del final de carrera es el MECANISMO DEL PIN, quien elevará el PIN y permitirá que el siguiente actuador realice el proceso final.

El último actuador en activarse es un PISTÓN ELÉCTRICO, el cual tras un recorrido de 230 mm se detendrá, consiguiendo el plegado total de la motocicleta.

Para el proceso de DEPLOY, empieza con una orden enviada desde el Smartphone, y el proceso es inverso, teniendo en cuenta que a la altura de la bisagra se encuentra un sensor que permitirá mayor control del proceso automatizado.



**Figura 5.3 Ubicación de los elementos del plegado**  
**Fuente: Los Autores**

## **5.2 PRUEBAS**

### **5.2.1 EN ESTADO ESTÁTICO**

#### **a. DE LA CARROCERÍA Y CHASIS**

Tras inspeccionar visualmente el estado de cada uno de los elementos que conforman la carrocería y chasis, se procedió a medirlos.

Se ha tomado en cuenta el largo, ancho y alto total de la motocicleta, es importante comprobar los datos para posteriormente poderlos validar con los valores de diseño.



**Figura 5.4 Longitud de la motocicleta**  
**Fuente: Los Autores**

Se determinó el peso de la motocicleta mediante la utilización de dos balanzas ubicadas en debajo de cada neumático, tal y como se muestra en la figura.



**Figura 5.5 Peso de la motocicleta**  
Fuente: Los Autores

Se tabularon los distintos datos en la siguiente tabla.

**Tabla 5.1 Parámetros de Motocicleta**

Distancia	Longitud	205 cm
	Alto	110 cm
	Ancho	90 cm
	Eje a Eje	145 cm
Masa	Delantero	43,6 kg
	Trasero	85 kg

**Fuente:** Los Autores

## **b. DEL TREN MOTRIZ**

Se realiza la inspección visual y acústica del tren motriz, determinándose visualmente el desplazamiento de la polea al alcanzar las rpm adecuadas por el motor.

Para la realización de esta prueba fue necesario que el neumático trasero se encuentre elevado por un banco elevador.

En cuanto a la inspección acústica se pudo determinar mediante un sonómetro que en un inicio la contaminación sonora es nula, sin embargo al incrementar las rpm se obtiene que existe 66 db de ruido, lo que implica según la norma técnica para el control de la contaminación acústica del Distrito Metropolitano de Quito corresponde a una conversación moderada.



**Figura 5.6 Sonómetro activado**  
Fuente: Los Autores

### **c. DEL SISTEMA DE FRENADO, SUSPENSIÓN, DIRECCIÓN Y PLEGADO**

Se ha considerado analizar la facilidad de giro en el volante, y se pudo determinar que existe una gran versatilidad de giro debido al ángulo de avance empleado, demostrando que dicho ángulo es ideal para conducción urbana.



**Figura 5.7 Ángulo de lanzamiento**  
Fuente: Los Autores

En el sistema de suspensión se ha determinado la variación de distancia de los muelles y de las horquillas de la suspensión delantera, bajo dos condiciones, la primera sin ocupantes, y la segunda con un ocupante de peso promedio.

En la siguiente tabla se observa los datos obtenidos de dicha medición de ángulos.

**Tabla 5.2 Parámetros de la Motocicleta**

Sin Ocupante	Muelle Trasero	244 mm
	Suspensión delantera	144 mm
Un Ocupante	Muelle Trasero	232 mm
	Suspensión delantera	128 mm
Ángulo de Lanzamiento		33°

**Fuente:** Los Autores

En cuanto al sistema de frenos se visualiza que los elementos que lo conforman actúan de manera eficiente, tanto en el sistema hidráulico y disco del freno delantero, como en el tambor del freno trasero.

## 5.2.2 EN RUTA PARA EL SISTEMA DE TRACCIÓN

### a. AUTONOMÍA

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

Al no emplear las masas energéticas descritas en la selección de baterías, es necesario realizar el cálculo de la autonomía con las baterías elegidas para el proyecto.

Matemáticamente se usa la siguiente ecuación:



$$\textit{T tiempo de Autonomía} = \frac{\textit{Carga (Ah)}}{\textit{I carga (A)}} * \frac{(\textit{V flotación} - \textit{V mín})(\textit{v})}{\textit{V flotación (v)}}$$

### Ec. 5.1 Autonomía de motocicleta

Donde:

$$\textit{Carga (Ah)} = 80$$

$$\textit{I Carga (A)} = 6$$

$$\textit{V flotación (v)} = 51,2 \text{ (12,8 v cada batería)}$$

$$\textit{V mín (v)} = 43 \text{ (10,75 v cada batería)}$$

$$\textit{T tiempo de Autonomía} = \frac{80 \text{ (Ah)}}{6 \text{ (A)}} * \frac{(51,2 - 43)v}{51,2 v}$$

$$\textit{T tiempo de Autonomía} = 2,13 \text{ h}$$

Según las normas europeas de conducción, para obtener 70 km de autonomía en ciclo urbano se deberán realizar 7,25 ciclos de conducción.

Considerando que se mantenga una velocidad constante de 35km/h, el tiempo necesario para cubrir los 70 km, es de 2 horas. Se logra el objetivo considerando además que el sistema de control de la automatización opera otro sistema de alimentación, razón por la cual no interfiere en la autonomía de la motocicleta. Sin embargo se realizó dos pruebas para verificar mencionados datos.

En pruebas de campo realizadas en el patio de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, extensión Latacunga, se obtienen los siguientes resultados.



**Figura 5.8 Pruebas en los patios de la institución**  
**Fuente:** Los Autores

**Tabla 5.3 Comprobación de autonomía en ruta, fase 1**

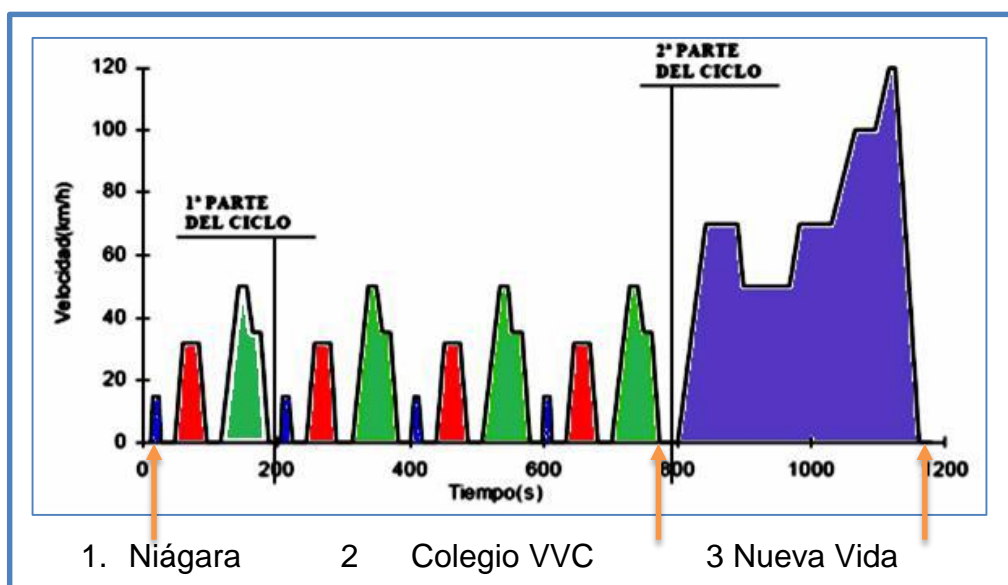
	Fase Inicial	Fase 2	Fase 3	Fase Final
<b>Hora</b>	14h00	14h40	15h20	16h00
<b>Voltaje (v)</b>	51,2	49,1	47	44,9

**Fuente:** Los Autores

Tras mantener una velocidad de 35km/h durante dos horas las baterías han sufrido un desgaste de 6,3 volteos, lo que significa que cada batería tiene 11,25 v. Lo que implica que las baterías aun preservan energía, recordando que el valor mínimo de cada batería es de 10,75 v.

En la siguiente prueba de autonomía, se realizó pruebas de campo durante tres días consecutivos en las principales avenidas del cantón Latacunga, tratando de ejemplificar lo siete ciclos de conducción para obtener una autonomía de 70km/h, además se procuró tener una misma ruta, con el mismo conductor y a la misma hora.

Como se mencionó anteriormente debemos realizar siete ciclos consecutivos para alcanzar 70 km de recorrido, en la siguiente figura podemos observar el recorrido, medidos cada 800 segundos del ciclo de conducción urbano y 400 segundos de ciclo de conducción interurbano.



**Figura 5.9 Pruebas en la ciudad**

Fuente: Los Autores

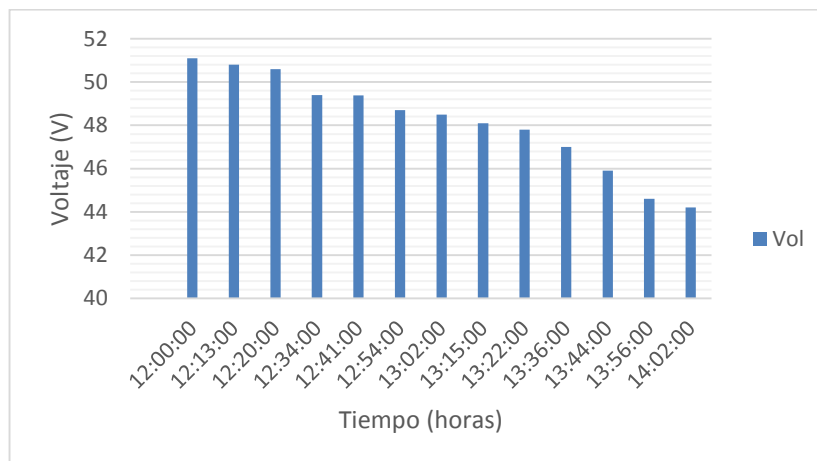
A continuación en la tabla 5.4, se muestra el detalle de las mediciones de voltaje, velocidad y distancia.

**Tabla 5.4 Comprobación de autonomía en ruta, fase 2**

N°	REFERENCIA	DÍA 1				DÍA 2				DÍA 3						
		Hora	Vol km	d min	t km/h	HORA	Vol km	d min	t km/h	HORA	Vol km	d min	t km/h			
1	Latacunga, Sector Niágara	12:00:00	51,1	0	0	12:00:00	51	0	0	0,00	12:00:00	50,7	0	0	0,00	
2	Ltga, Colegio Victoria Vásconez Cuvi	12:13:00	50,8	6,2	13	28,62	12:12:00	51	6,2	12	31,00	12:11:00	50,4	6,2	11	33,82
3	Ltga, Ciudadela Nueva Vida	12:20:00	50,6	4	7	34,29	12:21:00	50	4	9	26,67	12:19:00	50,2	4	8	30,00
4	Via Saquisilí, intersección autopista	12:34:00	49,4	6	14	25,71	12:33:00	49	6	12	30,00	12:33:00	49	6	14	25,71
5	Saquisilí, Tambillo	12:41:00	49,4	3	7	25,71	12:44:00	49	3	11	16,36	12:40:00	48,9	3	7	25,71
6	Saquisilí, Colegio Jorge Poveda	12:54:00	48,7	5	13	23,08	12:53:00	48	5,1	9	34,00	12:53:00	48,6	5	13	23,08
7	Saquisilí, Plaza Rocafuerte	13:02:00	48,5	2,8	6	28,00	13:00:00	48	3	7	25,71	13:01:00	48,4	2,8	8	21,00
8	Via San Felipe, intersección autopista	13:15:00	48,1	5,5	13	25,38	13:13:00	48	5,8	13	26,77	13:14:00	47,5	5,5	13	25,38
9	Ltga. La Calera	13:22:00	47,8	3	7	25,71	13:25:00	47	2,8	12	14,00	13:21:00	47	3	7	25,71
10	Ltga. La Maltería	13:36:00	47	6,7	14	28,71	13:37:00	47	6,5	12	32,50	13:36:00	46,1	6,7	15	26,80
11	Parada de buses interprovinciales	13:44:00	45,9	4,5	9	30,00	13:45:00	46	4,3	8	32,25	13:44:00	45,2	4,5	8	33,75
12	Ltga, Quito y Rafael Silva	13:56:00	44,6	7	13	32,31	13:54:00	45	7,2	15	28,80	13:56:00	44,3	7	12	35,00
13	Latacunga, Sector Niágara	14:06:00	44,2	4	8	30,00	14:11:00	44	3,5	11	19,09	14:05:00	43,6	4	9	26,67
			6,9	57,7	124	25,96		7	57,4	131	24,40		7,1	57,7	125	25,59

Fuente: Los Autores

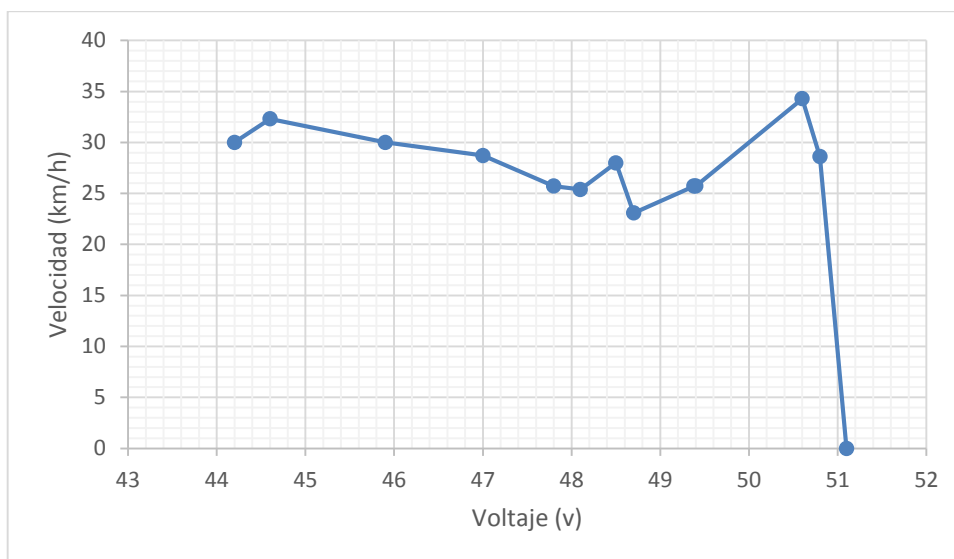
En la siguiente figura se determina la gráfica de descarga de las baterías en el ciclo urbano a medida que el tiempo va transcurriendo



**Figura 5.10 Voltaje vs tiempo**  
Fuente: Los Autores

El voltaje en las baterías decrece alrededor de 6 voltios en el transcurso de 2 horas.

De igual manera se puede visualizar la variación de velocidad en función del voltaje existente.



**Figura 5.11 Voltaje vs velocidad**  
Fuente: Los Autores

Mientras mayor voltaje tengamos en el pack de baterías mayor velocidad lograremos alcanzar. Podemos generalizar que el voltaje es directamente proporcional a la velocidad.

## b. VELOCIDAD

Se ha desarrollado en las calles del cantón Latacunga, sector urbano. Considerando que para las distintas distancias el conductor sea el mismo y de igual manera la ruta.



**Figura 5.12 Prueba en las calles de Lacunga**  
Fuente: Los Autores

Además se realizó una prueba de salida en terreno plano, registrándose los siguientes datos:

**Tabla 5.5 Velocidad de la motocicleta en ruta**

Distancia (m)	Tiempo (s)	Velocidad (m/s)	Velocidad (km/h)
500	49	10,20	36,73
200	20,5	9,76	35,12
100	10,5	9,52	34,29
50	5,5	9,09	32,73
<b>PROMEDIO</b>		9,64	34,72

**Fuente:** Los Autores

Se observa la velocidad promedio de **34,72 km/h** aproximado a 35 km/h lo que cumple las expectativas del proyecto.

### 5.3 ANÁLISIS COMPARATIVO MOTOCICLETA ELÉCTRICA – GASOLINA

#### 5.3.1 CONSUMO DE ENERGÍA

El análisis del consumo de energía de la motocicleta eléctrica se lo realiza comparándola con la motocicleta scooter JOY 150, la cual es de similares características al vehículo diseñado.

La motocicleta tipo scooter es muy utilizada en nuestro país debido a la versatilidad de conducción en perímetro urbano.

Se extrae de la Tabla 3.7 datos de relevancia, que permitan determinar parámetros de comparación.

- Tipo de motor 4 tiempos,
- Recorrido 150Km/gal
- Cilindrada 150 cc
- Compresión 8:1
- Alimentación Carburador

El combustible extra fue el considerado como combustible de comparación.

**Tabla 5.6 Precios oficiales y octanaje de combustibles**

COMBUSTIBLE	USD/gal	Octanaje
EXTRA	1.48	87
SUPER	2.10	92

**Fuente:** El Universo

En este caso para el vehículo utilizado se tiene:

$$\text{Recorrido (70Km)} = 70\text{Km} * 1,48 \text{ (USD)}/150\text{Km}$$

$$\text{Recorrido (70Km)} = 0,70 \text{ (USD)}$$

En cuanto al consumo de energía eléctrica se presenta los datos oficiales

**Tabla 5.7 Precios oficiales kilowatio hora**

ENERGÍA	KWH	PRECIO (\$)
ELÉCTRICA	1	0,08

**Fuente:** ELEPCO

Para un recorrido de 70 km, se emplea 13,3 kWh con la motocicleta eléctrica

$$\text{Recorrido (70km)} = 13,3\text{kWh} * 0,08 \text{ (USD)}/1\text{kWh}$$

$$\text{Recorrido (70km)} = 1,06 \text{ (USD)}$$

### 5.3.2 IMPACTO AMBIENTAL

El dióxido de carbono es un gas que se produce al quemar combustible, un motor de gasolina genera 0,14 Kg CO<sub>2</sub><sup>17</sup>.

En la siguiente tabla se aprecia la diferencia de Kg CO<sub>2</sub>, dependiendo el caso:

**Tabla 5.8 Comparación de impacto ambiental**

TIPO	CANTIDAD	MEDIDA EMISIONES
MOTOCICLETA ELÉCTRICA	13,3 kWh	0 Kg CO <sub>2</sub>
MOTOCICLETA GASOLINA	0,6 gal gasolina	9,8 Kg CO <sub>2</sub>

**Fuente:** Los Autores

<sup>17</sup> CE: Comisión Europea recuperado de <http://arboliza.es/compensar-co2/calculo-co2.html>

### 5.3.3 ESTACIONAMIENTO

En la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi, el área de aparcamiento en el zona destinada es de 4 x 3 metros para autos, y 1 x 3 metros para motocicletas.



**Figura 5.13 Espacio de aparcamiento en Latacunga**  
Fuente: Los Autores

Se ha medido la distancia de borde a borde en las dos fases de la motocicleta y se determina que existe un ahorro de espacio del 30%.

A continuación en la figura, se puede visualizar la motocicleta en los parqueaderos de la zona urbana de la ciudad de Latacunga.




**Figura 5.14 Estacionamiento de la motocicleta**  
Fuente: Los Autores



## 5.4 INTERPRETACIÓN Y VALIDACIÓN DE RESULTADOS.

El criterio general de validación del diseño de la motocicleta eléctrica plegable es que el sistema y sus partes sean capaces de realizar el número de maniobras previstas sin fallar ni deteriorarse. En caso contrario, debe adoptarse un diseño alternativo y ensayarlo de nuevo.

PROTOCOLO DE PRUEBAS										
CLIENTE: _____ PROYECTO: _____ EVALUADORES: _____ _____ _____	 <small>MOTOCICLETA ELÉCTRICA PLEGABLE</small>				FECHA: _____					
<b>1 VERIFICACION DE LAS DIMENSIONES PRINCIPALES</b>										
DIMENSIONES PRINCIPALES										
	DIMENSIONES [mm]				ACEPTACION					
	DISEÑO	PROTOTIPO	SI	NO						
LARGO TOTAL										
ANCHO TOTAL										
ALTURA TOTAL										
<b>2 VERIFICACION DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES</b>										
COMPONENTES PRINCIPALES										
ELEMENTO	FUNCIONAMIENTO									
	BUENO	REGULAR	MALO							
SISTEMA DE TRANSMISION										
SISTEMA DE PLEGADO										
SISTEMA DE CONTROL										
<b>3 VERIFICACION DEL FUNCIONAMIENTO</b>										
MOTOCICLETA ELÉCTRICA PLEGABLE										
TIEMPO [min]	ACCIONAMINETO SISTEMA MOTRIZ		DIRECCIÓN		BATERÍAS		DEZPLAZAMIENTO		FRENAR	
	F	NF	F	NF	F	NF	F	NF	F	NF
15 - 30										
30 - 60										
SISTEMA PLEGADO										
FASES	ELEVACIÓN		PIN		APERTURA		AUTOMATIZACIÓN			
	F	NF	F	NF	F	NF	F	NF	NF	
PLEGADO										
DESPLEGADO										
F = FALLA NF = NO FALLA										
<b>4 ACEPTACION</b>										
SI <input type="checkbox"/>					NO <input type="checkbox"/>					

**Figura 5.15** Protocolo de prueba

Fuente: Los Autores

## CONCLUSIONES

- Se ha diseñado e implementado el tren motriz con motor eléctrico y transmisión CVT, en una motocicleta plegable, ayudando a reducir la contaminación vehicular en la ciudad de Latacunga.
- Una parte muy importante en el desarrollo del proyecto fue el análisis e investigación del circuito eléctrico electrónico, ya que la energía renovable es una tecnología aún desconocida en el país, sin embargo con la realización del proyecto se intentó fortalecer el conocimiento de futuras generaciones.
- Se ha calculado técnica y matemáticamente los parámetros necesarios para poder dimensionar correctamente tanto el motor eléctrico como los elementos necesarios para el movimiento de la motocicleta eléctrica.
- Se ha seleccionado adecuadamente los distintos elementos mecánicos que intervienen directamente en la transmisión de movimiento desde el motor eléctrico hacia la rueda.
- Se ha realizado distintas modificaciones en los embragues centrífugos de la transmisión CVT, modificando la masa de los rodillos, coeficiente de elongación del muelle y ferodos del centrífugo trasero, consiguiendo que las rpm del motor eléctrico activen al CVT.
- Se ha programado la respuesta del acelerador, con varias opciones, que van desde el tipo de resistencia variable del manubrio giratorio, o si se controla a través de una señal de 0 a 5V. También se puede programar la respuesta del acelerador frente al control de Par.
- La batería sigue siendo el factor limitante de un vehículo eléctrico, debido a su alcance limitado, si se necesita mayores prestaciones la batería deberá ser de mejor calidad, y esta a su vez está relacionada directamente con el precio.

- Se ha evidenciado que el sistema motriz eléctrico denota un desempeño óptimo tomando en cuenta que el vehículo circula a aproximadamente 40 km/h, velocidad suficiente para circular en la ciudad, según el Capítulo V Art. 192 del Reglamento General para la Aplicación de la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial “de los límites de velocidad”
- Se ha automatizado el proceso del plegado demostrando que las tecnologías actuales ayudan a los procesos mecánicos manuales.
- Se ha observado que el desarrollo de vehículos eléctricos, es un reto propio para una generación de investigadores con conciencia ambiental, y constituye una puerta al progreso debido a las grandes oportunidades que el país ofrece actualmente en beneficio del cambio de la matriz productiva.
- Finalmente con el desarrollo del presente proyecto se ha contribuido al engrandecimiento personal y colectivo sobre temas de vanguardia que necesitan ser analizados detalladamente, sin embargo se ha realizado un trabajo en el cual se ha fusionado conocimientos mecánicos automotrices, eléctricos, electrónicos, y manejo de software de programación y modelado.

## RECOMENDACIONES

- Considerar que el tiempo de carga de las baterías es de 2 horas en conducción urbana, para el correcto funcionamiento del motor eléctrico
- Configurar el controlador, y calibrar adecuadamente los distintos elementos de transmisión.
- Se puede emplear relaciones de transmisión directa, sin embargo se debería emplear una caja de cambios manual y observar los resultados arrojados.
- Diseñar una transmisión continuamente variable que permita aprovechar al máximo las prestaciones y características del motor eléctrico.
- Limitar la corriente desde valores menores al 50% para verificar el comportamiento de todos los componentes montados en la motocicleta.
- Analizar la posibilidad de colocar un sistema de regeneración de energía, así como también el uso de una batería de menor peso y mayor densidad energética.
- Difundir el proyecto a la colectividad universitaria y comunidad en general con el fin de que conozcan una alternativa viable que reemplazará los vehículos con motor de combustión interna, y además presentan la ventaja de eximirse el Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular (IACV).

## BIBLIOGRAFÍA

- COSSALTER, V. (2006). *Motorcycle dynamics*.
- PICCARDO, J., & PRIETO, A. (2012). *VEHÍCULO ELÉCTRICO DE PRODUCCIÓN NACIONAL* (Doctoral dissertation, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo-Universidad de Buenos Aires).
- ESQUIVEL TAPIA, D. R. (2008). *Diseño Mecánico de una Transmisión CVT Media Toroidal* (Doctoral dissertation).
- ARIAS-PAZ, M. (2004). *Motocicletas*. Cie Inversiones Editoriales Dossat.
- HARPER, G. E. (1999). *Fundamentos de control de motores eléctricos en la industria*. Editorial Limusa.
- RIVAS, V. (2012). *Selección y aplicación de motores eléctricos*. Madrid: Planeta
- BASALLA, G., & Rubio, J. V. (1991). *La evolución de la tecnología*. Crítica.
- JACOBS, M. (1996). *La economía verde: medio ambiente, desarrollo sostenible y la política del futuro* (Vol. 12). Icaria Editorial.
- WILDI, T. (2007). *Máquinas eléctricas y sistemas de potencia*. Pearson educación.
- MARX, M. R. (2006). *Motos Superbike/Superbikes*. Capstone.
- SCHLICHTING, H. J., & Ucke, C. (2004). *Un motor eléctrico de construcción sencilla, bajo coste y alta tecnología*.

## NETGRAFÍA

- Fuelling Europe's Future, sf, MOTORES DE COMBUSTIÓN-  
MOTORES ELÉCTRICOS. Recuperado de  
<http://www.fuellingeuropesfuture.eu/es/el-refino-en-europa/economia-del-refino/motores-de-combustion-motores-electricos> [Consultado el 20 de Enero del 2014]
- JOHNSONELECTRIC engineers automotive, sf, Recuperado de  
<http://www.johnsonelectric.com/es/resources-for-engineers/automotive-applications/motion-technology/pmdc-motor.html> [Consultado el 30 de Enero del 2014]
- Center for Innovation in Product Development, Recuperado de  
<http://lancet.mit.edu/motors/index.html> [Consultado el 30 de Enero del 2014]
- Widman, R. (2009). El Funcionamiento y Cuidado de la Transmisión CVT. Widman, (73). Recuperado de  
<http://www.widman.biz/boletines/73.html>. [Consultado el 15 de Febrero del 2014]
- RCscooter, La transmisión automatic, 2010, Recuperado de  
<http://www.rcscooter.net/blog-motero/articulos-tecnicos/la-transmision-automatica/> [Consultado el 22 de Febrero del 2014]

## **ANEXOS**

## **ANEXO 1. DESCRIPCIÓN NORMA IP**



Nivel	Protección frente a	Método de prueba	Resultados esperados
0	Sin protección.	Ninguno	El agua entrará en el equipamiento en poco tiempo.
1	Goteo de agua	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua cuando se la deja caer, desde 200 mm de altura respecto del equipo, durante 10 minutos (a razón de 3-5 mm <sup>3</sup> por minuto)
2	Goteo de agua	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua cuando de la deja caer, durante 10 minutos (a razón de 3-5 mm <sup>3</sup> por minuto). Dicha prueba se realizará cuatro veces a razón de una por cada giro de 15° tanto en sentido vertical como horizontal, partiendo cada vez de la posición normal de trabajo.
3	Agua nebulizada. (spray)	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua nebulizada en un ángulo de hasta 60° a derecha e izquierda de la vertical a un promedio de 10 litros por minuto y a una presión de 80-100kN/m <sup>2</sup> durante un tiempo que no sea menor a 5 minutos.
4	Chorros de agua	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua arrojada desde cualquier ángulo a un promedio de 10 litros por minuto y a una presión de 80-100kN/m <sup>2</sup> durante un tiempo que no sea menor a 5 minutos.
5	Chorros de agua.	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua arrojada a chorro (desde cualquier ángulo) por medio de

			una boquilla de 6,3 mm de diámetro, a un promedio de 12,5 litros por minuto y a una presión de 30kN/m <sup>2</sup> durante un tiempo que no sea menor a 3 minutos y a una distancia no menor de 3 metros.
6	Chorros muy potentes de agua.	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua arrojada a chorros (desde cualquier ángulo) por medio de una boquilla de 12,5 mm de diámetro, a un promedio de 100 litros por minuto y a una presión de 100kN/m <sup>2</sup> durante no menos de 3 minutos y a una distancia que no sea menor de 3 metros.
7	Inmersión completa en agua.	El objeto debe soportar sin filtración alguna la inmersión completa a 1 metro durante 30 minutos.	No debe entrar agua.
8	Inmersión completa y continúa en agua.	El equipamiento eléctrico / electrónico debe soportar (sin filtración alguna) la inmersión completa y continua a la profundidad y durante el tiempo que especifique el fabricante del producto con el acuerdo del cliente, pero siempre que resulten condiciones más severas que las especificadas para el valor 7.	No debe entrar agua

## **ANEXO 2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES VELLTRIX**

Velocidad máxima,	110 km/h
Aceleración de 0-80 km/h	6.0 seconds - VX-1 Li 6.25 seconds - VX-1 Li+
Autonomía	Hasta 64-96 kilómetros VX-1 Li Hasta 88-136 kilómetros - VX-1 Li+
Bidireccional patentado acelerador	Aceleración, freno regenerativo, baja velocidad en reversa VX-1 Li/Li+ Mando único manual
Frenos	Discos de freno delantero y posterior Brembo - VX-1 Li/Li+
Neumáticos	Pirelli: GTS23 120/70-14 (Front) - VX-1 Li/Li+ Pirelli: GTS24 140/60-13 (Rear) - VX-1 Li/Li+
Tenedor	Marzocchi Telescopic Fork - VX-1 Li/Li+
Suspensión	Sachs Twin Shocks - VX-1 Li/Li+
Material del Bastidor	Bastidor ultra liviano de 38luminio – VX-1 Li/Li+
Tipo de Baterías	LiFeP04, 30 Ah - VX-1 Li LiFeP04, 42 Ah - VX-1 Li+
Capacidad almacenamiento de	3.7 kWh 5.4 kWh - VX-1 Li/Li
Voltaje	128V - VX-1 Li/Li+
Cargador	1.5 kW on-board battery charger 110V-220V (50/60Hz) - VX-1 Li/Li+
Tiempo de recarga	3 to 4 horas - VX-1 Li 4 to 6 horas - VX-1 Li+
Ciclos de descarga	>1600 to 80% - VX-1 Li/Li+ >1600 to 80% - VX-1 Li/Li+

## ESPECIFICACIONES DEL MOTOR Y TRANSMISIÓN

Tipo	Brushless DC, radial air-gap motor - VX-1 Li/Li+
Potencia	Potencia pico en el eje del motor 21 kW - VX-1 Li/Li+ Potencia máxima en continuo, 3.8 kW - VX-1 Li/Li+
Par	Par máximo: 65 Nm - VX-1 Li/Li+ Par máximo en continuo: 23 Nm - VX-1 Li/Li+
Caja de cambios	Integrada rueda posterior, mando de engranaje planetario de simple etapa - VX-1 Li/Li+

## ELECTRÓNICA

Controlador	DSP & IGBT Basado íntegramente en control electrónico digital y sistema mando del motor - VX-1 Li/Li+
Instrumentación	Despliegue central análogo y dos LCDs que muestran la velocidad, revoluciones, carga de baterías, autonomía estimada y estado del sistema - VX-1 Li/Li+
Comunicaciones	Red de control CANbus
	Interface CANbus de Sistemas de diagnóstico y comulación vía ordenador portátil X - VX-1 Li/Li+

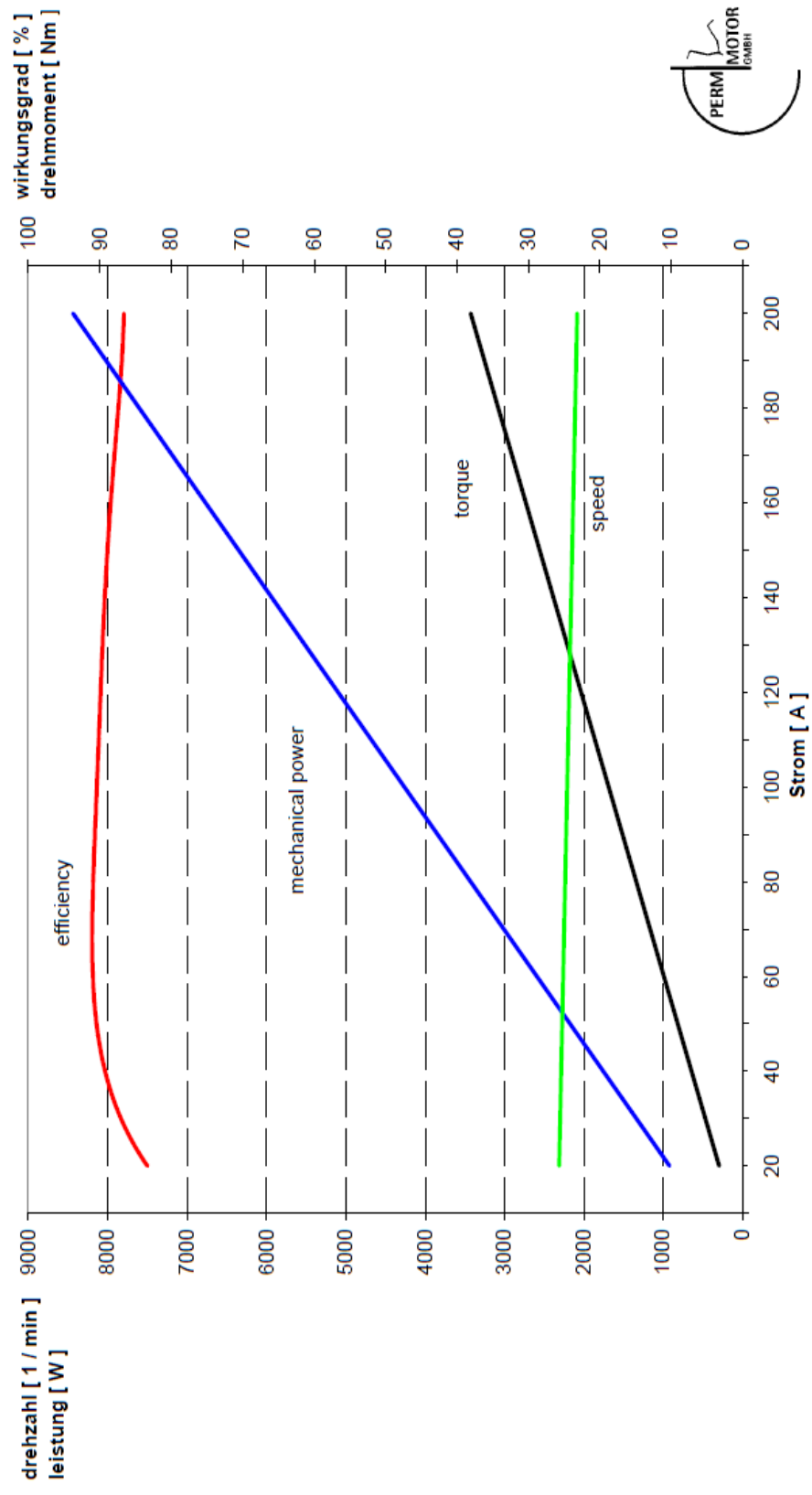
## DIMENSIONES PRINCIPALES

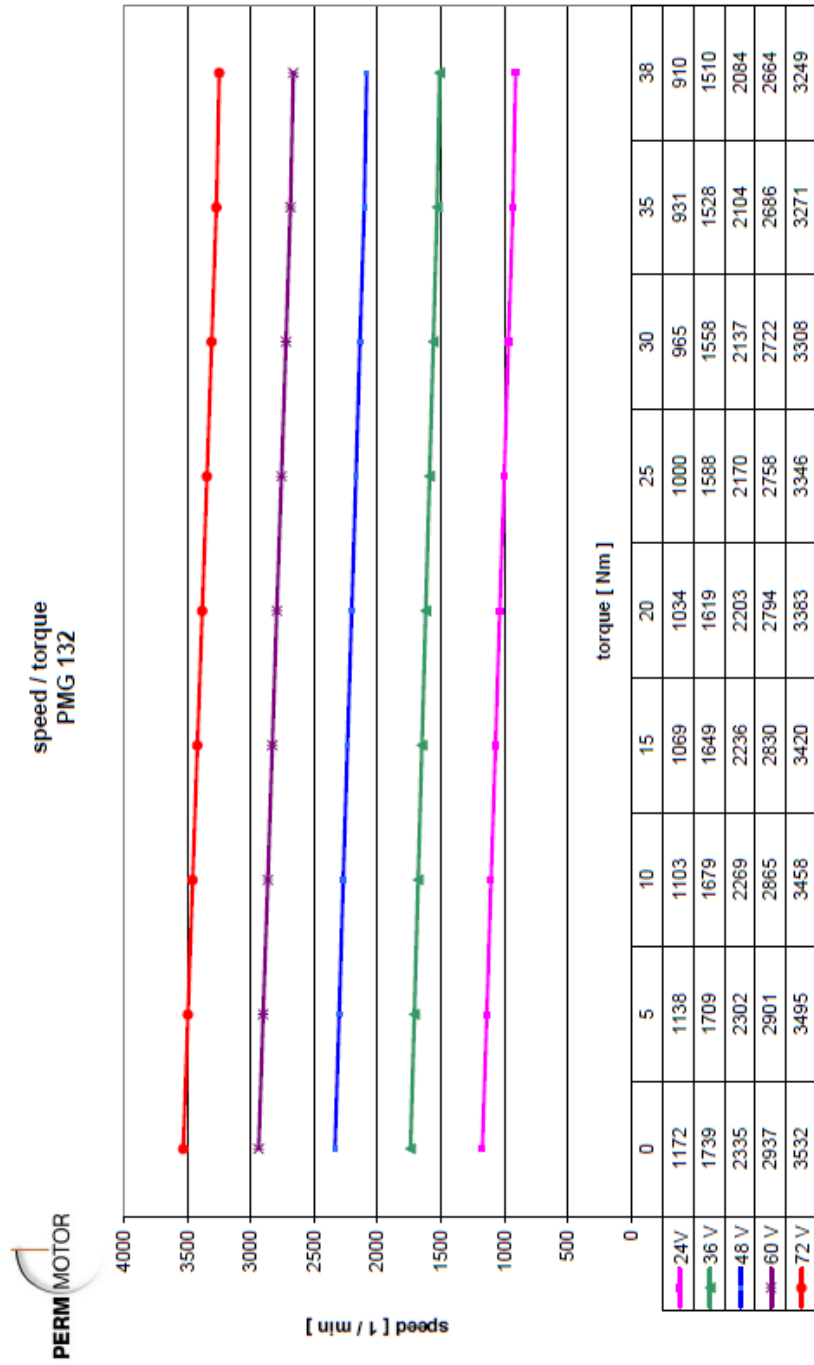
Peso	193 kg - VX-1 Li 209 kg - VX-1 Li+
Wheelbase	1524 mm/60" - VX-1 Li/Li+
Altura del asiento	775 mm/30.5" - VX-1 Li/Li+
Rueda posterior	Front: 14", Rear: 13" - VX-1 Li/Li+
Capacidad almacenamiento	Bajo el asiento: 1.41 cu ft. (1 full-faced helmet) - VX-1 Li/Li+ Glove box: .21 cu ft Glove box: .21 cu ft - VX-1 Li/Li+
	Top case: Hasta 1.66 cu ft. Top case: up to 1.66 cu ft. - VX-1 Li/Li+
Capacidad de transporte	2 pasajeros - VX-1 Li/Li+

## OTROS

Garantía	24 meses - VX-1 Li/Li+
Emisiones	Cero emisiones - VX-1 Li/Li+ CO2: Cero - VX-1 Li/Li+ Acústica: Negligible - VX-1 Li/Li+

**ANEXO 3. CURVAS CARACTERÍSTICAS DEL FABRICANTE PERM  
GERMANY**



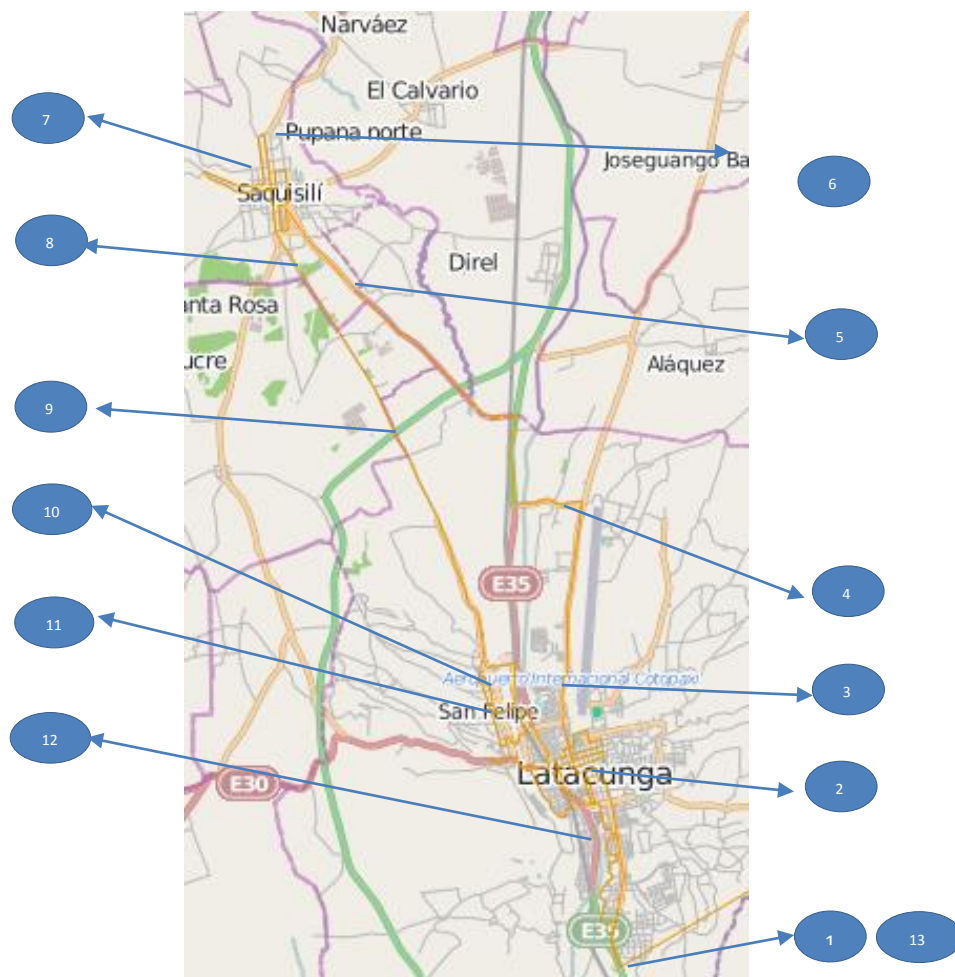


Relación entre el par y la velocidad de un motor PMG132 a 48V



## **ANEXO 4. HOJA DE RUTA PARA PRUEBA DE AUTONOMÍA**

En el siguiente mapa a escala 1:108 K se puede observar la ruta seguida por los tres días, con el mismo conductor y procurando sea a la misma hora.



Mapa de Ruta Urbana E 1:108 K

<b>1</b>	Latacunga, sector El Niágara	<b>8</b>	Vía San Felipe
<b>2</b>	Latacunga, Colegio VVC	<b>9</b>	Latacunga, La Calera
<b>3</b>	Latacunga, Ciudadela NV	<b>10</b>	Latacunga, La Maltería
<b>4</b>	Panamericana, Vía Saquisilí	<b>11</b>	Latacunga parada interprovincial
<b>5</b>	Saquisilí, Tambillo	<b>12</b>	Latacunga, Quito y Rafael Silva
<b>6</b>	Saquisilí, Colegio Jorge Pove.	<b>13</b>	Latacunga, sector El Niágara
<b>7</b>	Saquisilí, Plaza Rocafuerte		

## **ANEXO 5. PROTOCOLO DE PRUEBA**

## PROTOCOLO DE PRUEBAS

**CLIENTE:** UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA

**PROYECTO:** MOTOCICLETA ELÉCTRICA PLEGABLE

**EVALUADORES:** ING. MAURICIO CRUZ  
ING. JUAN ROCHA



MOTOCICLETA ELÉCTRICA PLEGABLE

**FECHA:** 19/07/2014

### 1 VERIFICACIÓN DE LAS DIMENSIONES PRINCIPALES

DIMENSIONES PRINCIPALES				
	DIMENSIONES [mm]		ACEPTACION	
	DISEÑO	PROTOTIPO	SI	NO
LARGO TOTAL	2050	2060	X	
ANCHO TOTAL	900	907	X	
ALTURA TOTAL	1100	1105	X	

### 2 VERIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES

COMPONENTES PRINCIPALES			
ELEMENTO	FUNCIONAMIENTO		
	BUENO	REGULAR	MALO
SISTEMA DE TRANSMISION	X		
SISTEMA DE PLEGADO	X		
SISTEMA DE CONTROL	X		

### 3 VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO

MOTOCICLETA ELÉCTRICA PLEGABLE										
TIEMPO [min]	ACCIONAMIENTO SISTEMA MOTRIZ		DIRECCIÓN		BATERÍAS		DEZPLAZAMIENTO		FRENAR	
	F	NF	F	NF	F	NF	F	NF	F	NF
15 - 30		X		X		X		X		X
30 - 60		X		X		X		X		X

SISTEMA PLEGADO								
FASES	ELEVACIÓN		PIN		APERTURA		AUTOMATIZACIÓN	
	F	NF	F	NF	F	NF	F	NF
PLEGADO		X		X		X		X
DESPLGADO		X		X		X		X

F = FALLA  
NF = NO FALLA

### 4 ACEPTACIÓN

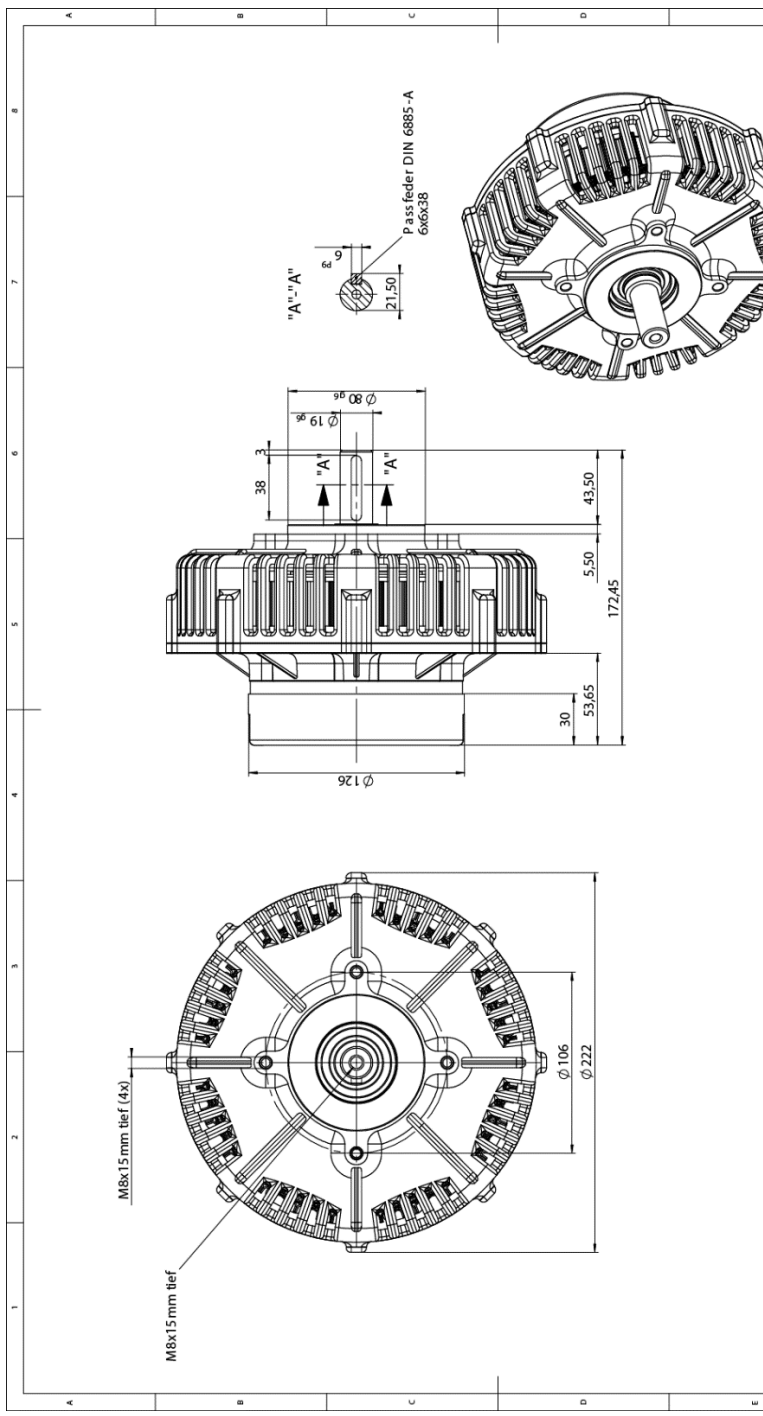
SI



NO



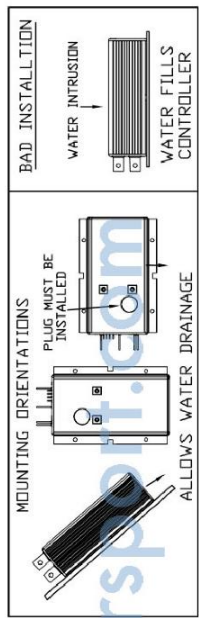
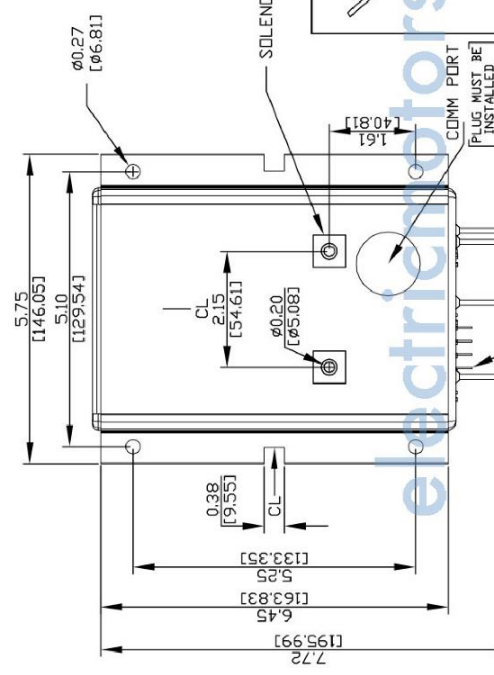
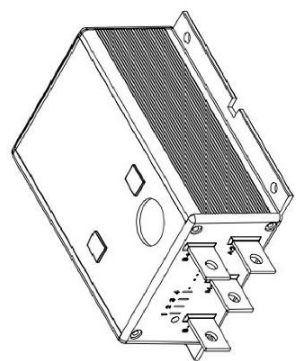
## **ANEXO 6. PLANOS**



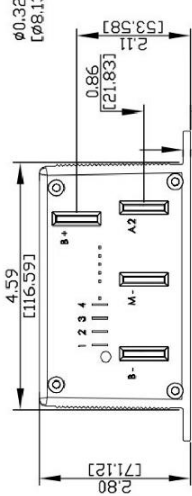
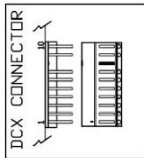
Name/Typenbezeichnung		Zertifizierungsnummer: PMG132.000_A.		Blattzahl/Blattfolge		Blattformat		Blattgröße		Blattanzahl		Blattgröße	
Name		Hauptabmessungen		Datei		Jahr		Datum		Druck		Reviz	
Hauptabmessungen		Datei		Jahr		Datum		Druck		Reviz		Blattanzahl	
PERM MOTOR GMBH		Kesselerstr.3, D-79206 Breisach		31.03.2007								1:2	

Belektart	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	185 Nm	10 kg
Spannung	24 V	36 V	48 V	60 V	72 V	84 V	96 V	110 V	126 V	144 V	162 V	Massenträgheit	
Strom	110 A	110 A	110 A	110 A	110 A	110 A	110 A	110 A	110 A	110 A	110 A	Induktivität	
Leistung	2,2 kW	3,5 kW	5,97 kW	9,74 kW	16,22 kW	24,52 kW	33,95 kW	43,48 kW	53,00 kW	62,52 kW	72,04 kW	Widerstand	
Drehzahl	1080 min <sup>-1</sup>	1700 min <sup>-1</sup>	2300 min <sup>-1</sup>	2870 min <sup>-1</sup>	3480 min <sup>-1</sup>	4090 min <sup>-1</sup>	4700 min <sup>-1</sup>	5310 min <sup>-1</sup>	5920 min <sup>-1</sup>	6530 min <sup>-1</sup>	7140 min <sup>-1</sup>	Schutzart	
Kurzschlussstrom	200 A	200 A	200 A	200 A	200 A	200 A	200 A	200 A	200 A	200 A	200 A	IP 20	
Diemenent	38 Nm												

PART NO. Doc100-035



CONTROLLER SPECIFICATIONS:  
 \* Material: Blue Anodized ALUMINUM  
 \* Mounting: Torque mounting screws to 3/8" ALUMINUM plate, approx 144" sq in or larger.  
 \* Torque mounting screws to 20 Ft/lbs



DO NOT SCALE DRAWING

REV.	ECC.	DATE	APVD	ENGR	CHKD	INS	122008	122008	1111 Charney Court, Bldg 87527 Brents Plaza OR 971527 PHONE(541) 478-3888
A		010407	010407	TT					ALLTRAX
TITLE HEATSINK MOUNTING DRAWING SHORT Length For 1204 Mounting									
SIZE DOCUMENT NO. A A Doc100-035									
REV. A A									
FILE:Wp-heatshk-3000-Mounting-Drawing.dwg SHEET 1 of 1									

NOTES:  
 > ALLTRAX RESERVES THE RIGHT TO CHANGE DOCUMENTATION WITHOUT NOTICE  
 > ALLTRAX MAKES NO WARRANTY AS TO THE ACCURACY, SUFFICIENCY, OR SUITABILITY OF ANY TECHNICAL OR OTHER INFORMATION PROVIDED  
 > SEE OPERATORS MANUAL FOR MORE INFORMATION

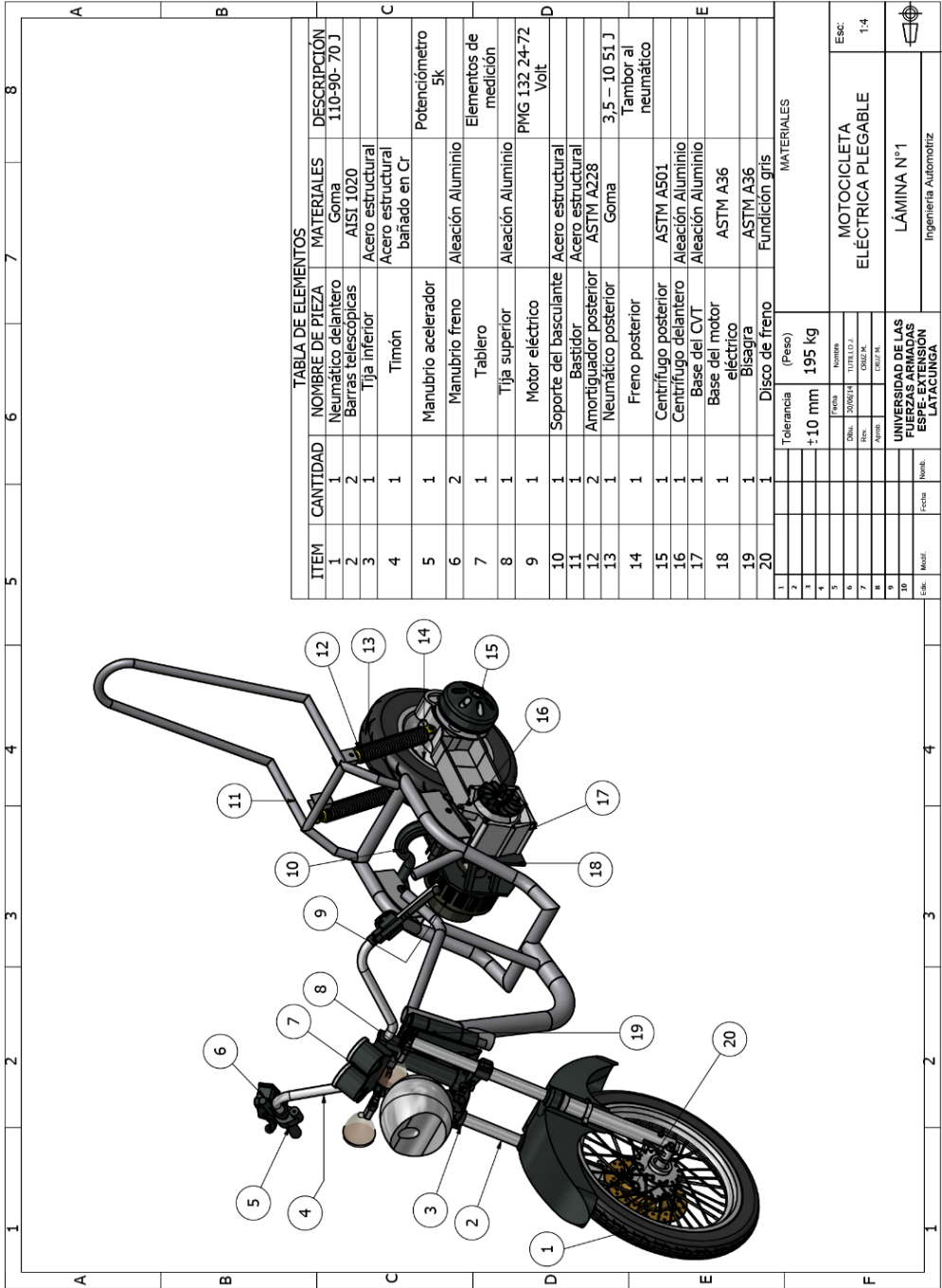
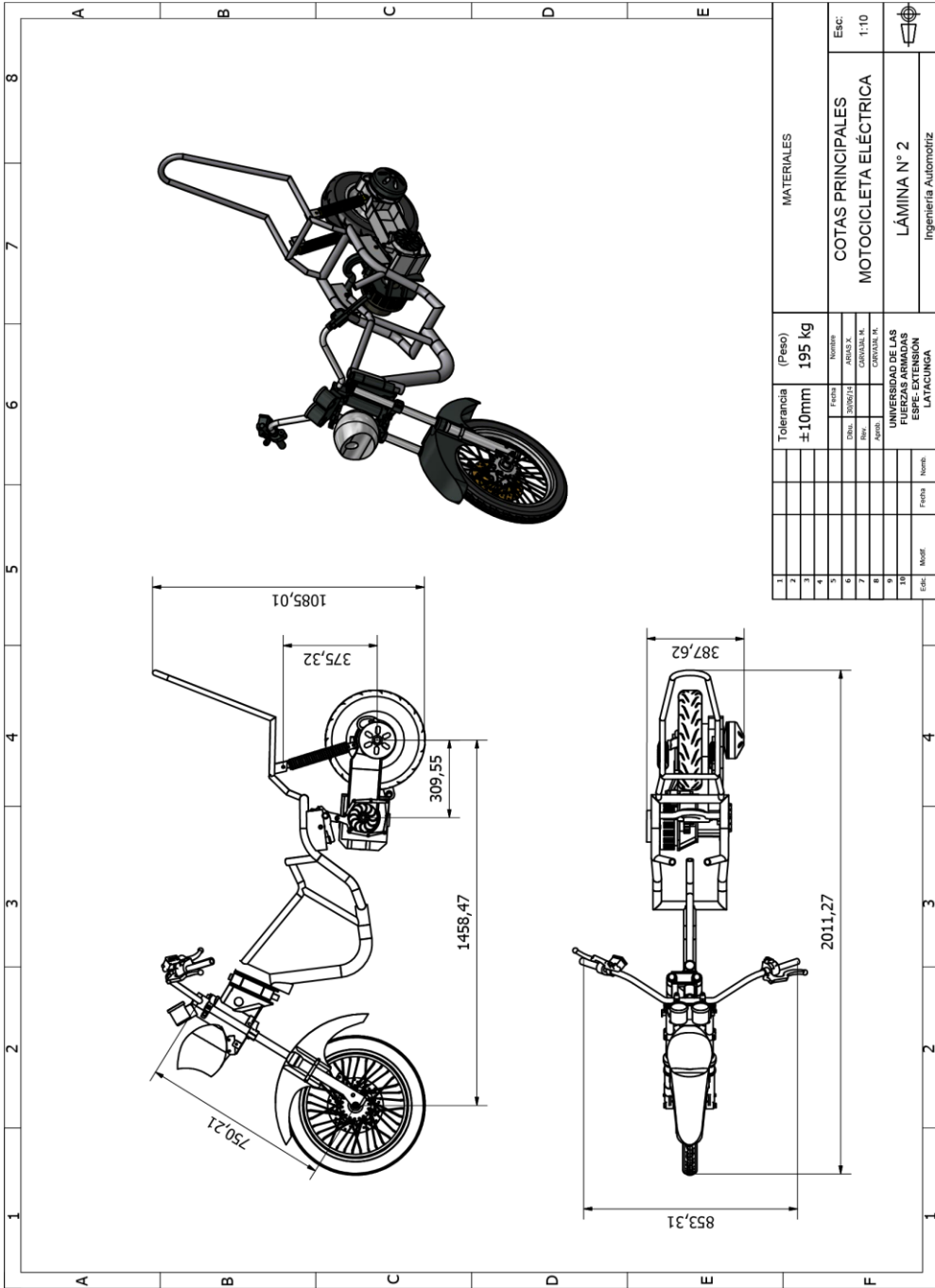
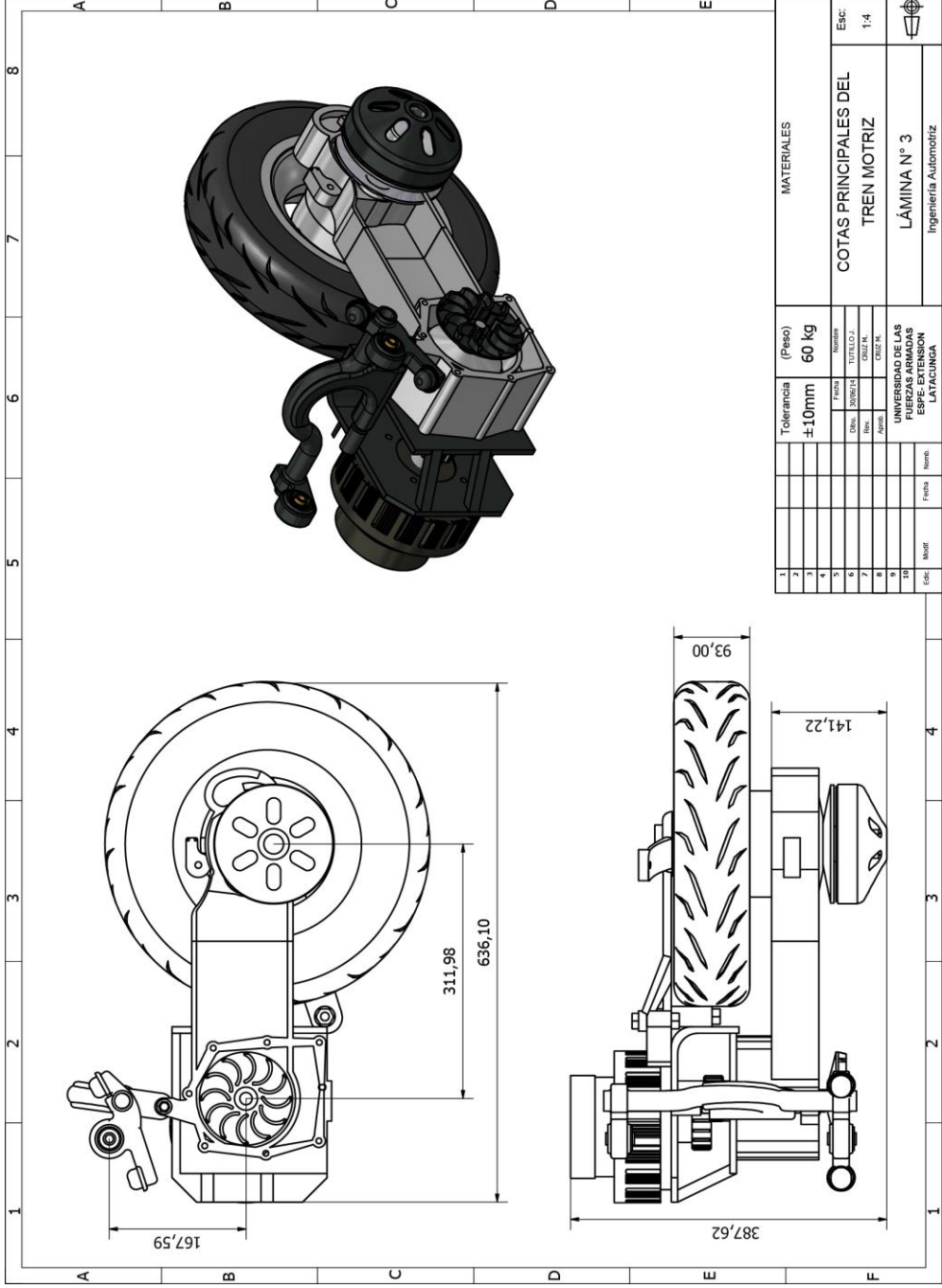


TABLA DE ELEMENTOS				
ITEM	CANTIDAD	NOMBRE DE PIEZA	MATERIALES	DESCRIPCIÓN
1	1	Neumático delantero	Goma	110-90- 70 J
2	2	Barras telescópicas	AISI 1020	
3	1	Tija inferior	Acero estructural	
4	1	Timón	Acero estructural bañado en Cr.	
5	1	Manubrio acelerador		Potenciómetro 5k
6	2	Manubrio freno	Aleación Aluminio	
7	1	Tablero		Elementos de medición
8	1	Tija superior	Aleación Aluminio	
9	1	Motor eléctrico		PMG 132 24-72 Volt
10	1	Soporte del basculante	Acero estructural	
11	1	Bastidor	Acero estructural	
12	2	Amortiguador posterior	ASTM A228	
13	1	Neumático posterior	Goma	3.5 – 10 51 J
14	1	Freno posterior		Tambor al neumático
15	1	Centrifugo posterior	ASTM A501	
16	1	Centrifugo delantero	Aleación Aluminio	
17	1	Base del CVT	Aleación Aluminio	
18	1	Base del motor eléctrico	ASTM A36	
19	1	Bisagra	ASTM A36	
20	1	Disco de freno	Fundición gris	
				MATERIALES
1		Tolerancia	(Peso)	
2		+10 mm	195 kg	
3				
4				
5				
6		Fecha	Nombre	
7		Dma	TITULO D.E.	
8		Rev.	CHIZ PA.	
9		Auto.	CHIZ PA.	
10				
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE-EXTENSION LATACUNGA				
LÁMINA N°1				
Ingeniería Automotriz				
Esc:				1:4





Tolerancia		(Peso)	MATERIALES
±10mm		195 kg	
1			<b>COTAS PRINCIPALES</b> <b>MOTOCICLETA ELÉCTRICA</b>  <b>LÁMINA N° 2</b> Ingeniería Automotriz
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ECUATORIANAS ESCUELA POLITÉCNICA DE LA FUERZA ARMADA LATACUNGA			Esc.: 1:10
Edic: _____ Modif: _____ Fecha: _____ Nombr: _____			



1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
Edic.		Modif.		Fecha		Nomb.		MATERIALES		Tolerancia		(Peso)		COTAS PRINCIPALES DEL		Esc:		1:4	
								±10mm		60 kg		TREN MOTRIZ							
								Fecha		Nombre		UNIVERSIDAD DE LAS		LÁMINA N° 3		Ingeniería Automotriz			
								Dibuj.		TÍTULO D.J.		FUERZAS ARMADAS							
								Rev.		GRAB. N.		ESPE-EXTENSION							
								Aprob.		CATED. N.		LAVACUÑA							

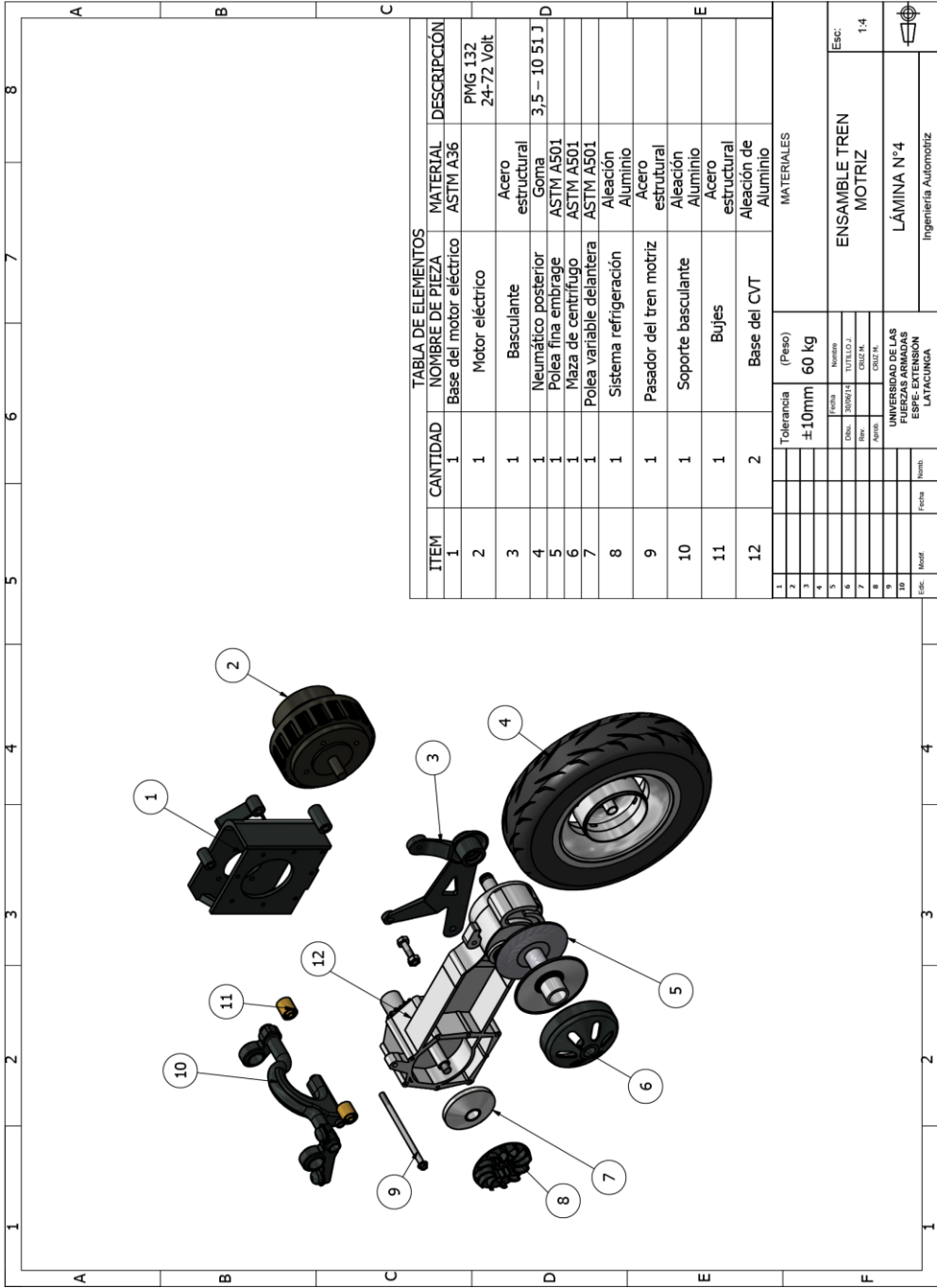


TABLA DE ELEMENTOS			
ITEM	CANTIDAD	NOMBRE DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Base del motor eléctrico	ASTM A36
2	1	Motor eléctrico	PMG 132 24-72 Volt
3	1	Basculante	Acero estructural
4	1	Neumático posterior	Goma 3,5 – 10 51 J
5	1	Polea fina embrage	ASTM A501
6	1	Maza de centrifugo	ASTM A501
7	1	Polea variable delantera	ASTM A501
8	1	Sistema refrigeración	Aleación Aluminio
9	1	Pasador del tren motriz	Acero estructural
10	1	Soporte basculante	Aleación Aluminio
11	1	Bujes	Acero estructural
12	2	Base del CVT	Aleación de Aluminio
MATERIALES			
1		Tolerancia	(Peso)
2		±10mm	60 kg
3			
4			
5		Fecha	Nombre
6		Dist. 20/04/15	TUTILLO J.
7		Rev.	CRUZ PA.
8		Auto.	CRUZ PA.
9			
10			
Esc.	Modif.	Fecha	Num.
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS EPE-EXTENSION LATACUNGA			Esc. 1:4
ENSAMBLE TREN MOTRIZ			1:4
LÁMINA N° 4			
Ingeniería Automotriz			

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE**

**EXTENSIÓN LATACUNGA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**CERTIFICACIÓN**

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por el Señor *John Oswaldo Tutillo*  
*Taipe* bajo mi supervisión.

---

Ing. MAURICIO CRUZ  
DIRECTOR

---

Ing. JUAN ROCHA  
CODIRECTOR

---

Ing. JUAN CASTRO  
DIRECTOR DE LA CARRERA

---

Dr. FREDDY JARAMILLO CHECA  
SECRETARIO ACADÉMICO