



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

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

AUTOR: TUTILLO TAIBE 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

OBJETIVO

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.
-

OBJETIVOS

ESPECÍFICOS

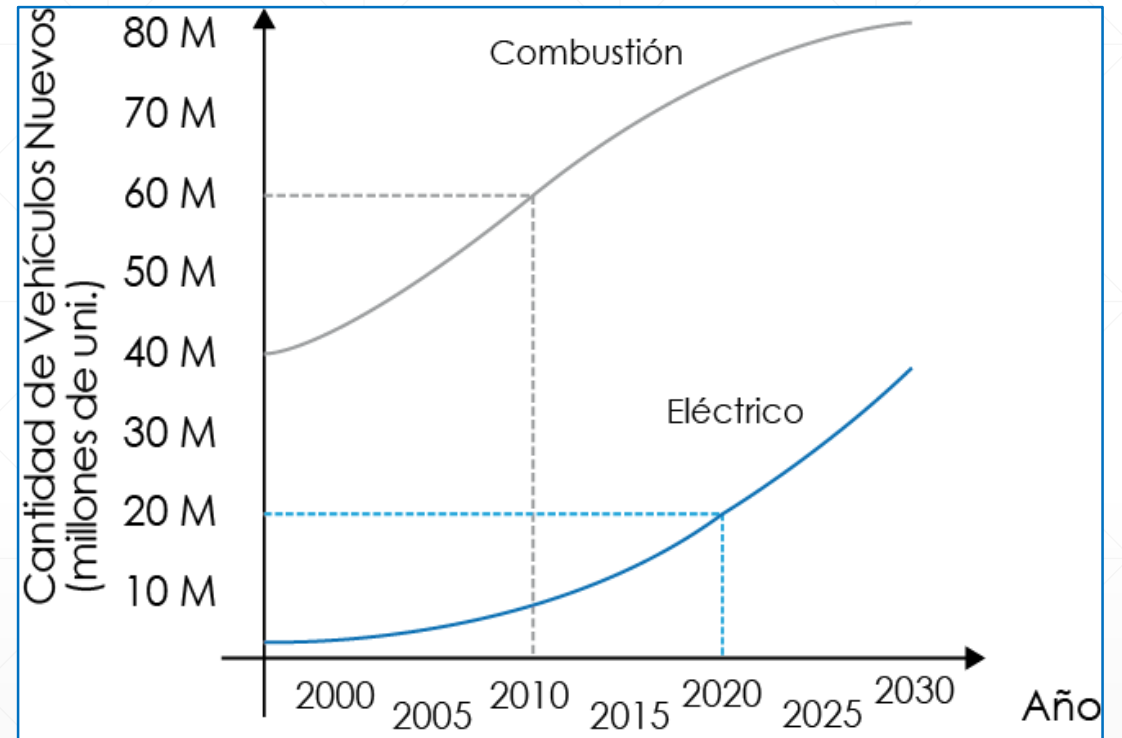
- Recopilar datos técnicos, información y descripción de los componentes que conforman el tren motriz de la motocicleta eléctrica plegable.
 - Seleccionar los componentes del tren motriz con las características aptas, para su implementación.
 - Implementar el tren motriz junto a los demás sistemas en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

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.
-

INTRODUCCIÓN

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.



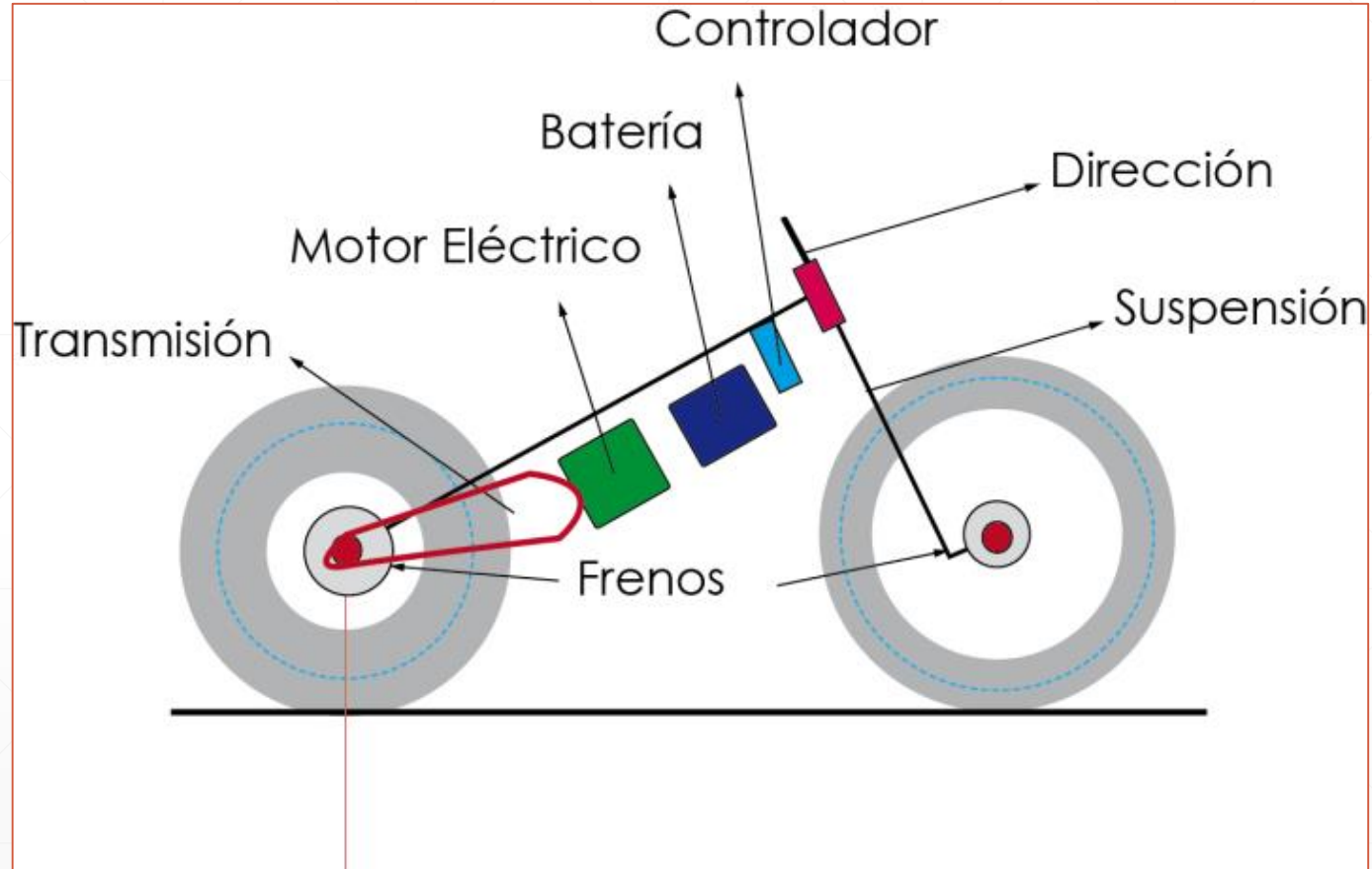
ANÁLISIS DE MERCADO

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

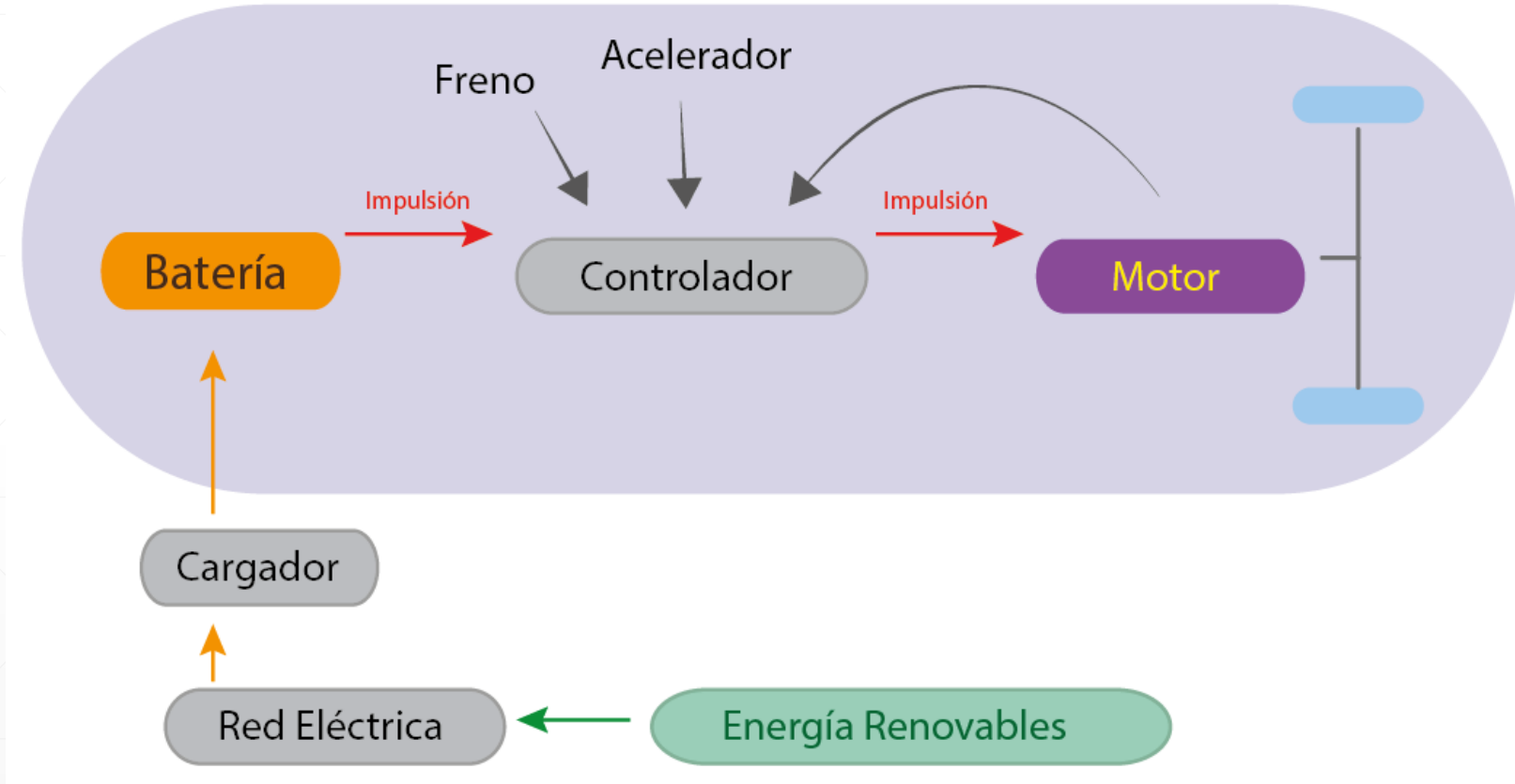
CAPÍTULO II

2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

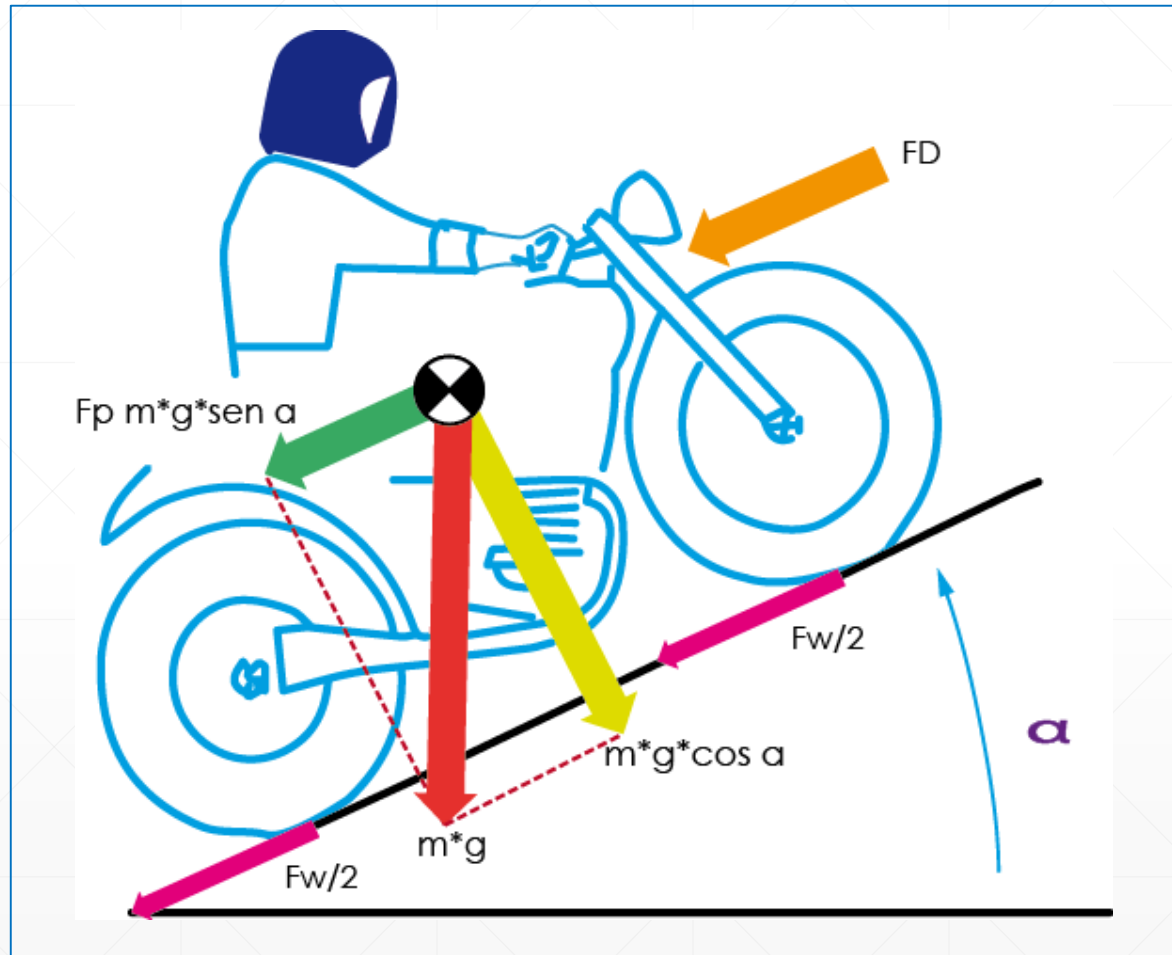
ESQUEMA DE LA MOTOCICLETA



ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO

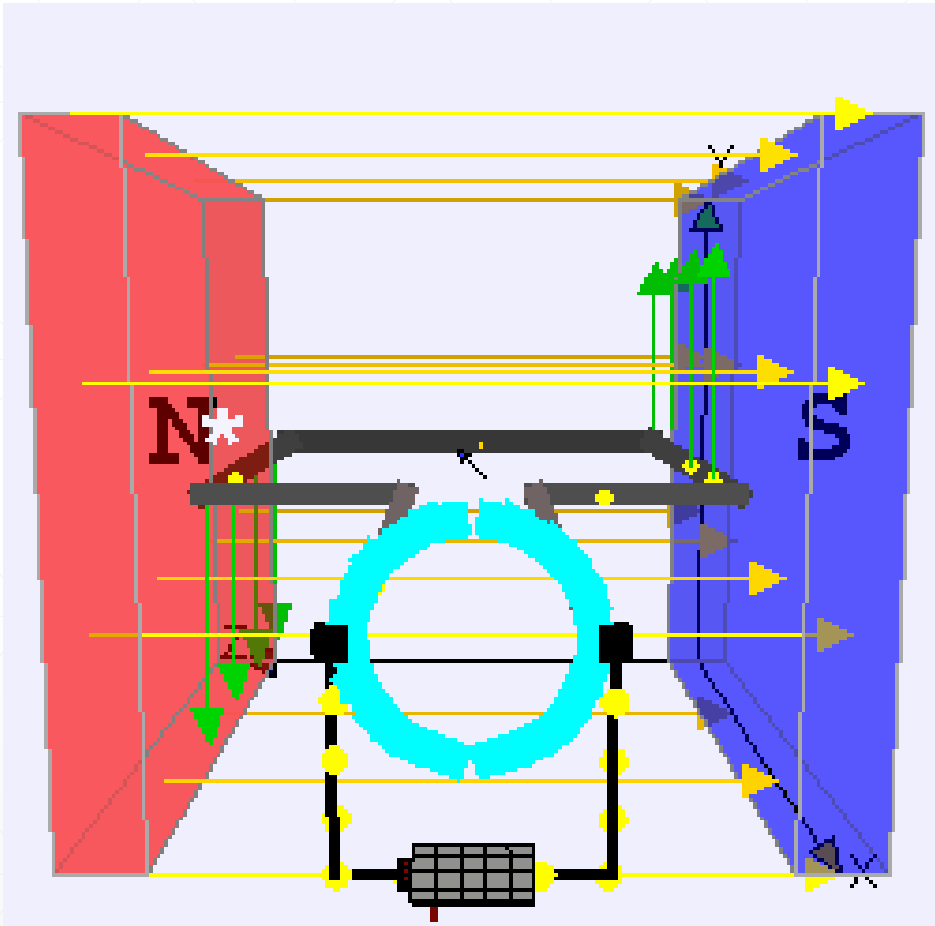


FUERZAS RESISTENTES



- 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).

MOTORES ELÉCTRICOS



Un motor de corriente directa produce torque gracias a la conmutación mecánica de la corriente. En esta imagen, existe un campo magnético permanente producido por imanes en el estator. El flujo de corriente en el devanado del rotor produce una fuerza de Lorentz sobre el devanado, representada por las flechas verdes. Debido a que en este caso el motor tiene dos polos, la conmutación se hace por medio de un anillo partido a la mitad, donde el flujo de corriente se invierte cada media vuelta (180 grados).

CVT



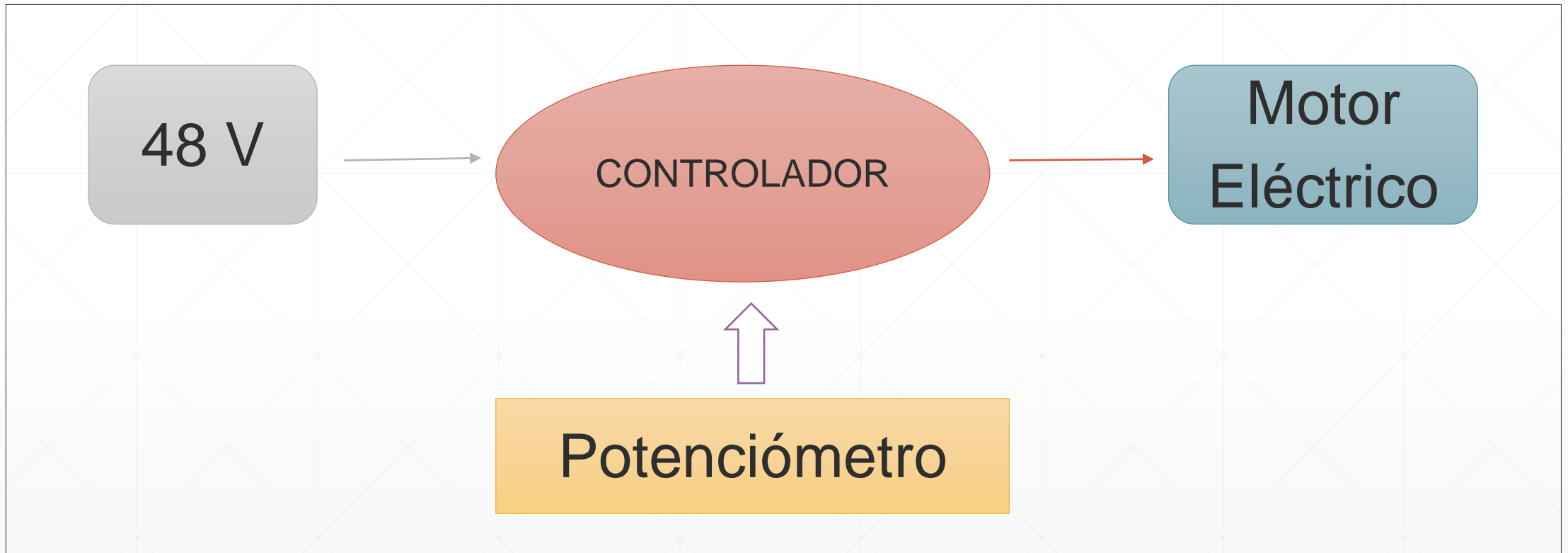
- CVT, *Continuously Variable Transmission*, los variadores son conjuntos mecánicos empleados en lugar de la caja de cambios. La transformación y transmisión del par motor y la velocidad de giro se consigue de un modo continuo, sin el escalonamiento que se produce en los cambios manuales y automáticos,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

ESQUIVEL TAPIA, D. R. (2008). Diseño Mecánico de una Transmisión CVT Media Toroidal (Doctoral dissertation).

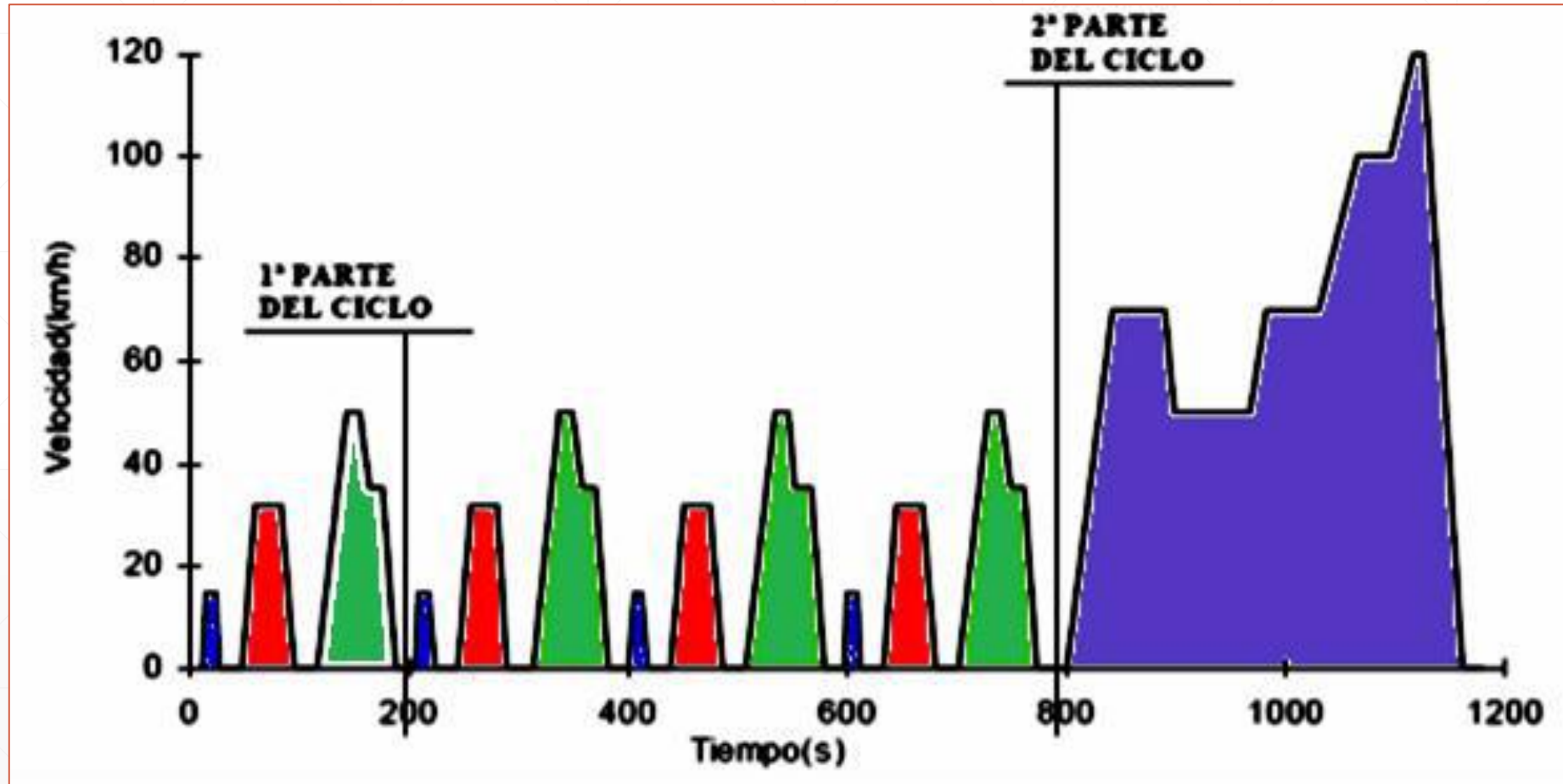
CVT



ELEMENTO DE CONTROL



CICLO DE CONDUCCIÓN Manejo ECE R40



CAPÍTULO III

3 DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL TREN MOTRIZ

DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS DEL TREN MOTRIZ

- Información técnica del fabricante.
 - Manual de usuario.
 - Estudios conceptuales y paramétricos.
-

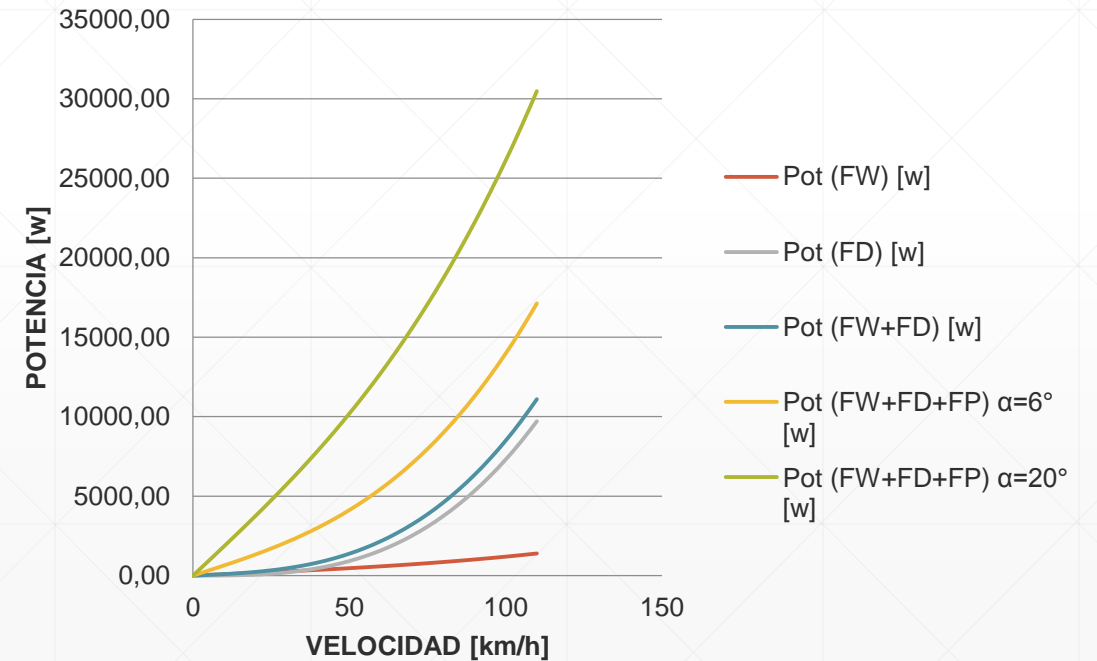
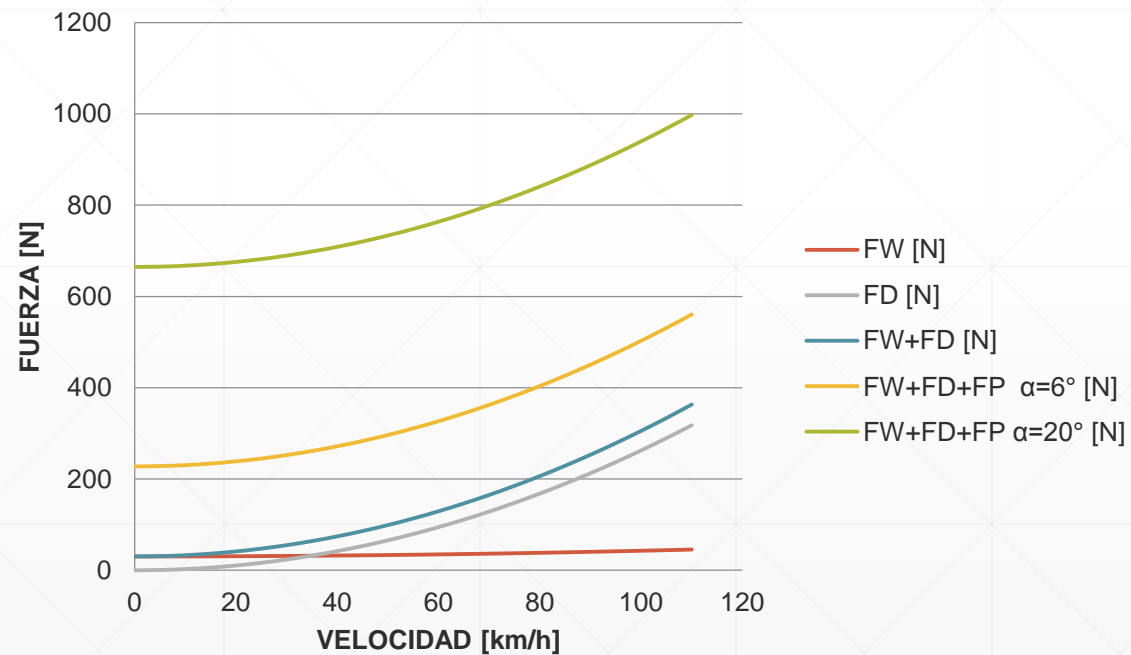
DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS DEL TREN MOTRIZ

DATOS GENERALES

$$W = 193Kg, p = 2.4 \text{ bar}, CD = 0.5,$$
$$Af = 0.815m^2, \rho a = 1.67 \text{ kg}/m^3$$
$$g = 9.8m/s^2$$

DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS DEL TREN MOTRIZ

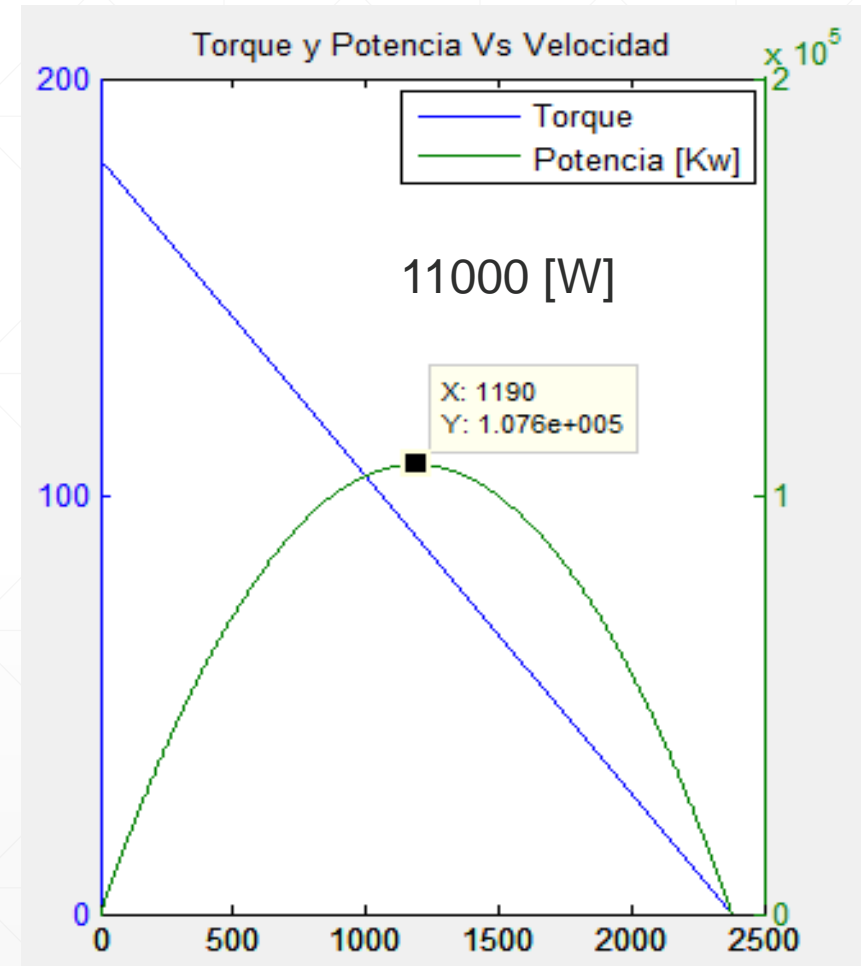
FUERZA RESISTENTE Y POTENCIA



DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS DEL TREN MOTRIZ

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.

MOTOR PMG 132



Potencia y par, con la velocidad

CVT JOY 150



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

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

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

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.

RELACIONES VELOCIDAD-VOLTAJE-TORQUE-CORRIENTE

Motor Eléctrico

Wn = No load speed [rpm]	2380	Wkte = Ang vl. cnst. [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

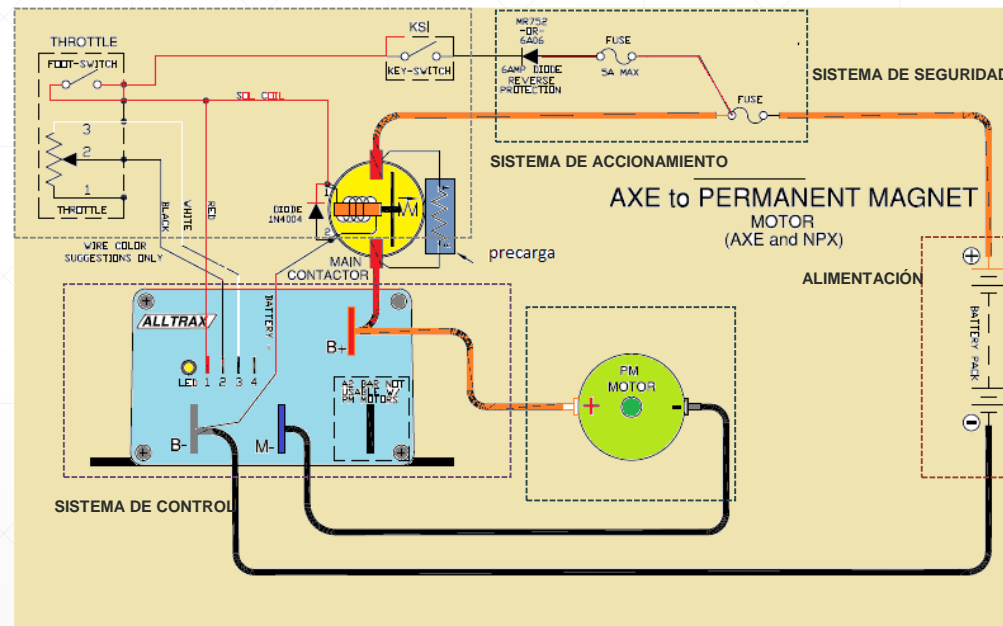
Resistencia Potencia Par-Rueda

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

ALTRAX AXE 4844. 400Amp



ALTRAX AXE 4844. 400Amp

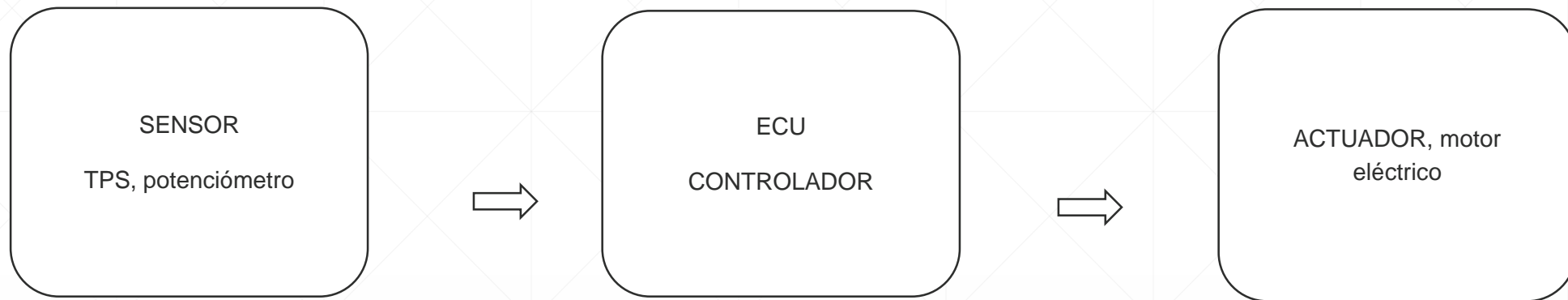


Diagrama lógico del controlador

ELEMENTOS ELÉCTRICOS-ELECTRÓNICOS

Domino Twist-Grip Throttle with Microswitch



Specifications		
Ohm	5k ± 10%	
Nomila 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

ELEMENTOS ELÉCTRICOS-ELECTRÓNICOS

ALBRIGHT 36-48V SW180 (200A CONT.)



Specifications		
Coil Voltage	36 - 48 v	
Rated Voltage	36 V	DC
Current (continuous)	200 Amp	
Fault Current	1000	Amp
Protection Degree	IP 54	

ELEMENTOS ELÉCTRICOS-ELECTRÓNICOS

ORANGE WELDING CABLE 4 AWG



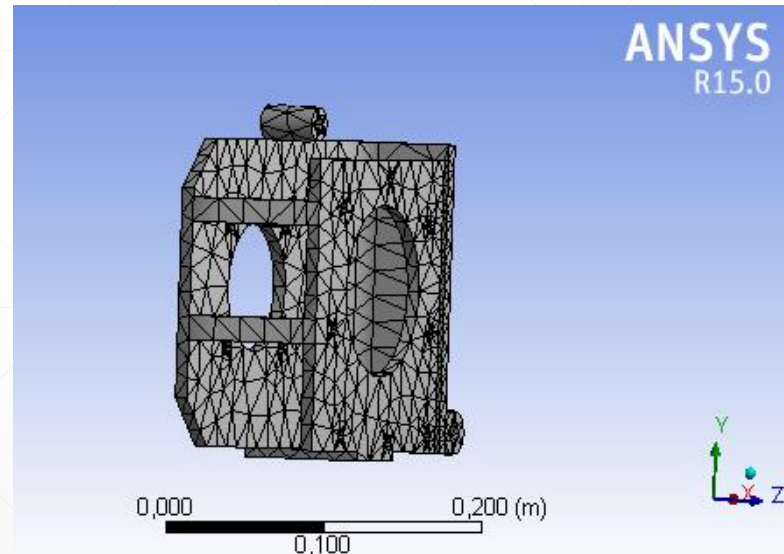
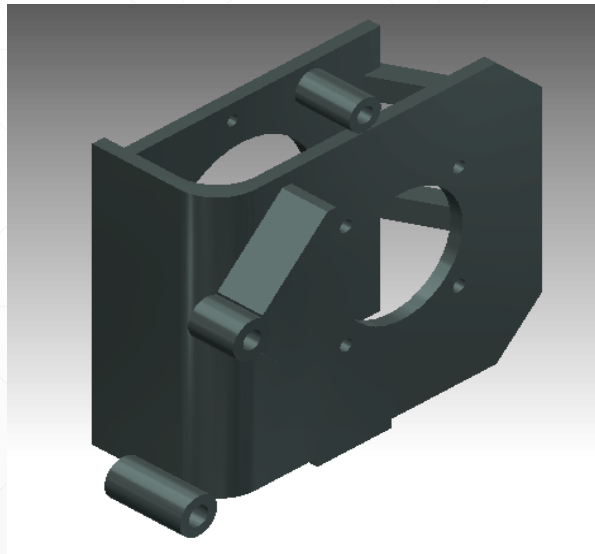
Specifications		
Strands	30 GA class K stranding	
Wall Thickness	0	,62 in
Temp Ratin	bajo 49° a 105°	
Faul Current	1000	Amp
Protection Degree	IP 70	

CAPÍTULO IV

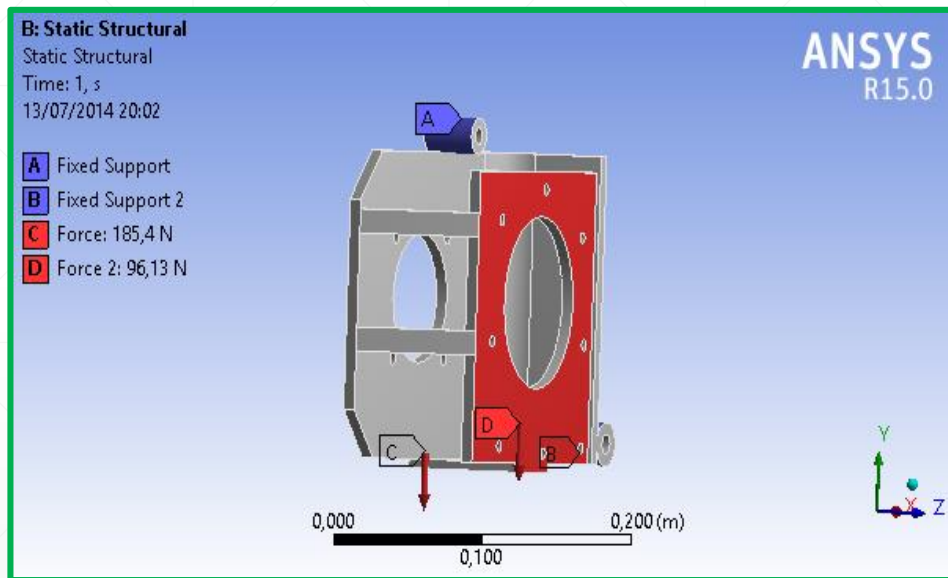
4 IMPLEMENTACIÓN DE LA MOTOCICLETA ELÉCTRICA PLEGABLE

SISTEMA MECÁNICO

Base del motor



SISTEMA MECÁNICO



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 ² (250 MPa, 36 ksi)
Esfuerzo mínimo de ruptura	de 4 080 kg/cm ² a 5 620 kg/cm ² (400 a 550 MPa, 58 a 80 ksi)
Factor de seguridad	15

Diagrama de Flujo de Proceso de Ensamble

Actividad: Ensamble del Tren Motriz		ACTIVIDAD	ACTUAL	PROP.	SHORR.
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	

DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	SIMBOLO					TIEM. (min)	DISTAN. (met)	METODO 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	



SISTEMA ELÉCTRICO

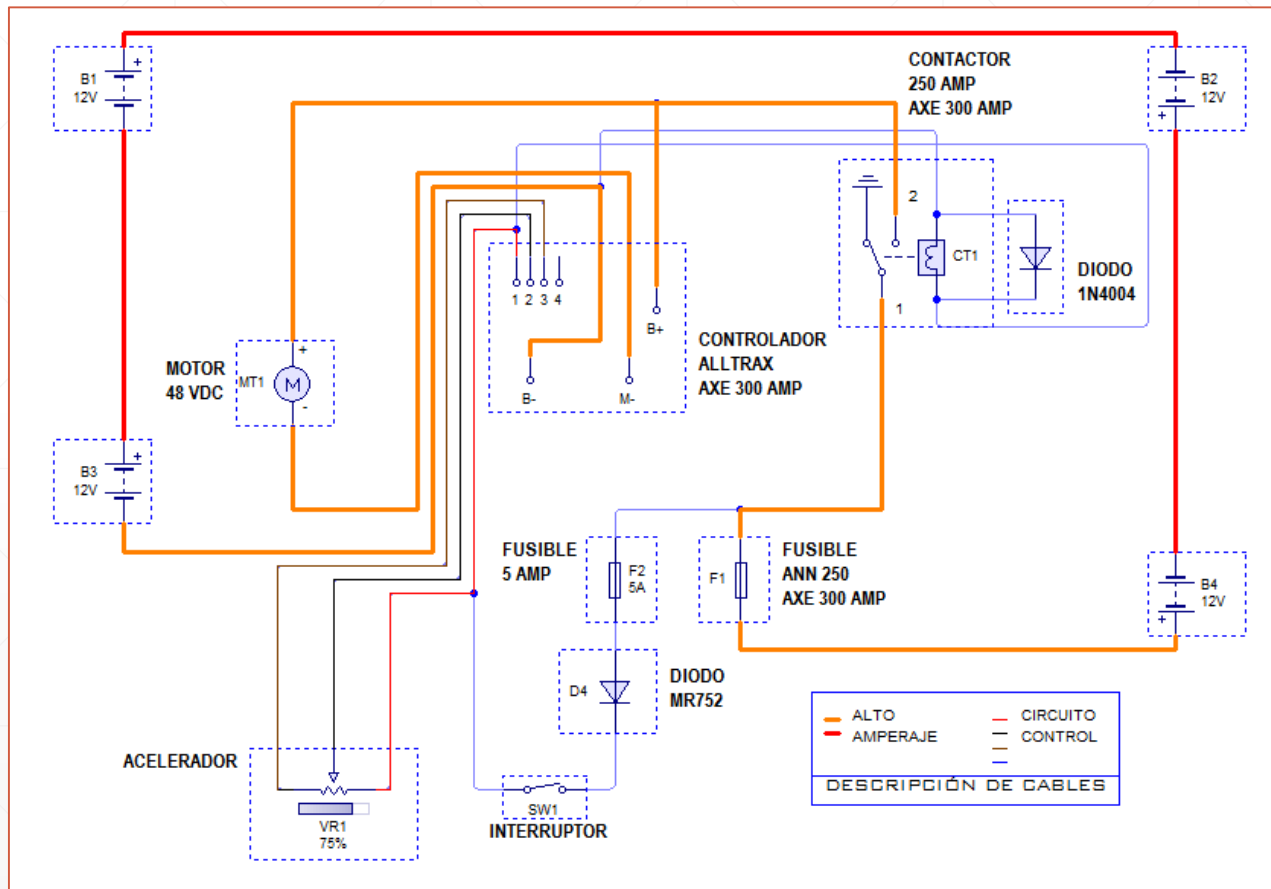


Diagrama de Flujo de Proceso de Ensamble

Actividad: Ensamble del Sistema Eléctrico Motriz		ACTIVIDAD	ACTUAL	PROP.	REGR.
Fecha: julio 1 del 2014		Operación	0	75	
OPERADOR: John O. Tutillo T.		Transporte	0	0	
ANALISTA: Arias, De La Cruz, Tutillo		Inspección	0	25	
Método: Actual		Retraso	0	0	
Tipo: Técnico		Almacenaje	0	20	
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.		TIEMPO	0	100	
		DISTANCIAS	0	11	
		COSTOS	0	6000	

DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	SIMBOLO					TIEM. (min)	DISTAN. (met)	METODO 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 carrocera 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	



ENSAMBLE CON EL SISTEMA DE FRENADO, SUSPENSIÓN, DIRECCIÓN Y PLEGADO



PROPUESTA FINAL



CAPÍTULO V

5 PROTOCOLO DE PRUEBAS

EN RUTA PARA EL SISTEMA DE TRACCIÓN

- AUTONOMÍA

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

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

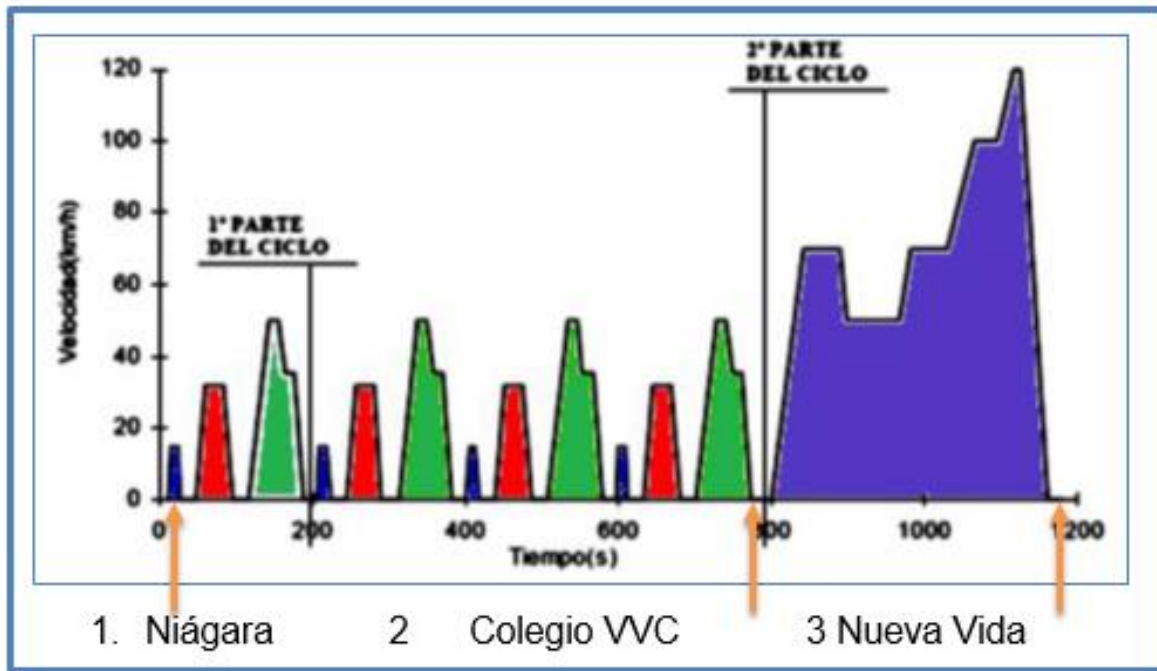
$$\textit{T tiempo de Autonomía} = 2,13 \text{ h}$$

FASE 1



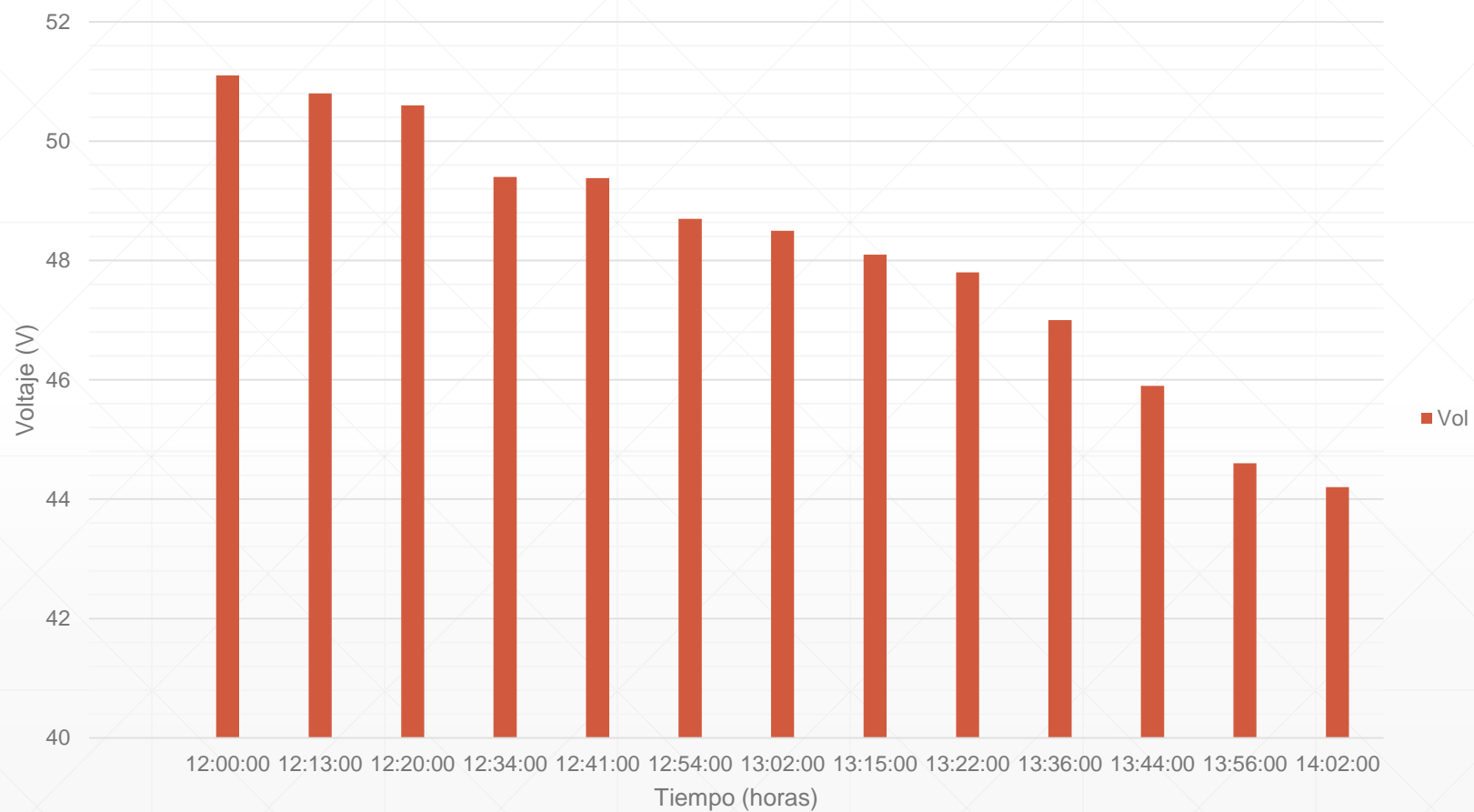
	Fase Inicial	Fase 2	Fase 3	Fase Final
Hora	14h00	14h40	15h20	16h00
Voltaje (v)	51,2	49,1	47	44,9

FASE 2

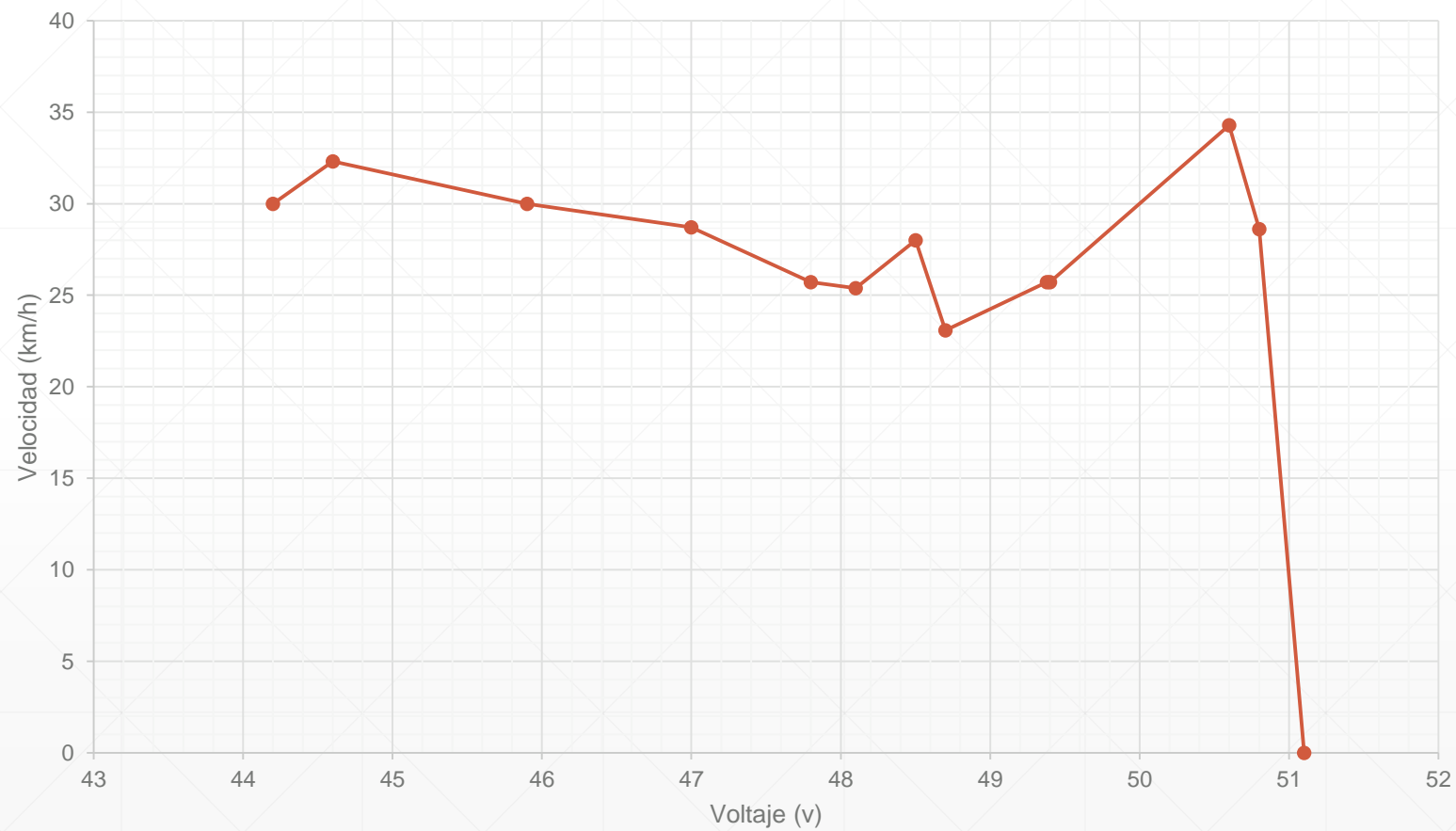


N°	REFERENCIA	DÍA 1					DÍA 2					DÍA 3				
		Hora	Vol	d	t	v	HORA	Vol	d	t	v	HORA	Vol	d	t	v
				km	min	km/h			km	min	km/h			km	min	km/h
1	Latacunga, Sector Niágara	12:00:00	51,1	0	0	0	12:00:00	51	0	0	0,00	12:00:00	50,7	0	0	0,00
2	Ltga, Colegio Victoria Vásconez Cuvi	12:13:00	50,8	6,2	13	28,62	12:12:00	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				

Voltaje vs. Tiempo



Velocidad vs. Voltaje



Velocidad



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
PROMEDIO		9,64	34,72

ANÁLISIS COMPARATIVO MOTOCICLETA ELÉCTRICA – GASOLINA

COMBUSTIBLE	USD/gal	Octanaje
EXTRA	1.48	87
SUPER	2.10	92

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

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

Recorrido (70Km) = 0,70 (USD)

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

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

Recorrido (70km) = 1,06 (UDS)

TIPO	CANTIDAD	MEDIDA EMISIONES
MOTOCICLETA ELÉCTRICA	13,3 kWh	0 Kg CO2
MOTOCICLETA GASOLINA	0,6 gal gasolina	9,8 Kg CO2

ESTACIONAMIENTO



30%

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.

CONCLUSIONES

- 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.

CONCLUSIONES

- 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.

CONCLUSIONES

- 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 adecuadamente 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.

RECOMENDACIONES

- 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 valedera que reemplazará los vehículos con motor de combustión interna, y además presentan la ventaja de eximirse el Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular (IACV).

Gracias