



**Análisis del modelado eléctrico y mecánico de motocicletas alternativas para
incursionar en la movilidad eléctrica.**

Tercero Cabascango, Byron David y Toapanta Morocho, Erik Geovanny

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz

Ing. Erazo Laverde, Washington Germán

05 de julio del 2022

Latacunga



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Reporte de verificación de contenido

Análisis del modelo eléctrico mecánico Tercero Toapanta Eraz...
Scanned on: 16:28 August 5, 2022 UTC



Identical Words	4322
Words with Minor Changes	1763
Paraphrased Words	1587
Omitted Words	0

Firmado digitalmente por WASHINGTON GERMAN ERAZO LAVERDE
Fecha: 2022.08.05 12:07:49 -05'00'

Firma:

.....
Ing. Erazo Laverde, Washington Germán

C.C: 0501432637



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación, ***“Análisis del modelado eléctrico y mecánico de motocicletas alternativas para incursionar en la movilidad eléctrica”*** fue realizado por los señores, ***Tercero Cabascango Byron David y Toapanta Morocho Erik Geovanny*** el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizando en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 05 de Julio del 2022

Firma:

Ing. Erazo Laverde, Washington Germán

C.C.: 0501432637



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Responsabilidad de Autoría

Nosotros ***Tercero Cabascango, Byron David y Toapanta Morocho, Erik Geovanny*** con cédulas de ciudadanía n° 1724106438 y n° 0502890916 declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: ***“Análisis del modelado eléctrico y mecánico de motocicletas alternativas para incursionar en la movilidad eléctrica”*** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 05 de Julio del 2022

Firma

.....
Tercero Cabascango, Byron David

C.C.: 1724106438

.....
Toapanta Morocho, Erik Geovanny

C.C.: 0502890916



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Autorización de Publicación

Nosotros **Tercero Cabascango, Byron David** y **Toapanta Morocho, Erik Geovanny**, con cédulas de ciudadanía n° 1724106438 y n° 0502890916 autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Análisis del modelado eléctrico y mecánico de motocicletas alternativas para incursionar en la movilidad eléctrica”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 05 de Julio del 2022

.....
Tercero Cabascango, Byron David

.....
Toapanta Morocho, Erik Geovanny

C.C.: 1724106438

C.C.: 0502890916

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo a nuestros padres, quienes nos han brindado la oportunidad de estudiar en base a su esfuerzo y su sacrificio, formándonos como profesionales en esta rama de la ingeniería, razón por la cual estamos agradecidos pues con su apoyo incondicional y sus sabios consejos hemos podido llegar a cumplir nuestras metas y sueños.

A nuestros hermanos quienes son y serán nuestra razón de ser y ejemplo a seguir, quienes con su cariño y apoyo nos han ayudado a lograr muchos objetivos a pesar de las circunstancias en las que nos encontremos.

Agradecimiento

Agradezco a mis padres, pues gracias al apoyo de ellos pude culminar con una de las etapas más importantes de un estudiante, gracias a ellos puedo ser quien soy y es por ellos que puedo cumplir varios de las metas establecidas, pues ellos han sido mis fieles amigos, consejeros y pilares en toda mi vida.

Agradezco a mis amigos y compañeros de estudio, pues siempre me brindaron el apoyo necesario para seguir día tras día con la vida universitaria, una ayuda desinteresada compartiendo anécdotas y compartiendo conocimientos.

Agradezco a mi novia, ya que por mis padres y ella es que tengo un motivo para seguir adelante y lograr cada una de las metas, porque gracias a sus consejos no me he detenido y he luchado para seguir adelante. Te agradezco por tu apoyo en los momentos más difíciles y cruciales de mi vida y por todas las alegrías y momentos que hemos compartido juntos.

Agradezco a mi tutor de tesis Ing. German Erazo, por la oportunidad de compartir con los grupos de investigación de la universidad, por brindarnos su apoyo y conocimientos desde las aulas y laboratorios. Agradezco a cada uno de los docentes que de cierta manera nos ayudaron a complementar una etapa de nuestras vidas con sus consejos y conocimientos tanto en la vida personal como en la profesional.

Att. Tercero Cabascango, Byron David

Agradezco a mis padres y familiares por todo el apoyo incondicional brindado, todos los ánimos a lo largo de todos estos años en esta etapa tan trascendental de mi vida, también gracias por todas las enseñanzas que me han dado, ya que por ellas que me han forjado hasta el día de hoy.

Agradezco a mis amigos los cuales han sido mi segunda familia, han sabido brindarme el apoyo incondicional en todos estos años de vida universitaria, las vivencias y demás historias que se han compartido perduran en mi memoria toda la vida.

Al Ingeniero Ing. Erazo Germán, quien puso su confianza en mí, en calidad de tutor de tesis, no solo en este proyecto, también desde las aulas y laboratorios cuando fui su alumno.

Agradezco a todos los docentes con quienes tuve la oportunidad de obtener conocimientos y consejos tanto profesionales y también acerca del ámbito personal.

Att. Toapanta Morocho, Erik Geovanny

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	1
Reporte de Verificación de Contenido.....	2
Certificación	3
Responsabilidad de Autoría.....	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento.....	7
Índice de Contenidos.....	9
Índice de Tablas	17
Índice de Figuras	20
Índice de Ecuaciones.....	26
Resumen.....	28
Abstract	29
Capítulo I: Marco Metodológico de la Investigación	30
Antecedentes.....	30
Planteamiento del Problema.....	32
Descripción Resumida Del Proyecto.....	33
Justificación E Importancia.....	34
Objetivos.....	35
<i>Objetivo General</i>	35
<i>Objetivos Específicos</i>.....	35

	10
Metas	35
Hipótesis.....	36
Variables de Investigación.....	36
<i>Variable Independiente.....</i>	<i>36</i>
<i>Variable Dependiente.....</i>	<i>36</i>
<i>Operacionalización de Variables</i>	<i>36</i>
Metodología.....	38
<i>Método Inductivo</i>	<i>39</i>
<i>Método Analítico</i>	<i>39</i>
<i>Método Sintético</i>	<i>39</i>
<i>Método Experimental.....</i>	<i>39</i>
<i>Método Comparativo</i>	<i>39</i>
<i>Método De Medición</i>	<i>39</i>
<i>Método De Matematización</i>	<i>40</i>
<i>Método De Modelación</i>	<i>40</i>
Capítulo II: Marco Teórico	43
Vehículos Eléctricos.....	43
Clasificación de Vehículos Eléctricos.....	44
Clasificación de Motocicletas Eléctricas.....	44
Sistemas y Componentes Mecánicos de da Motocicleta Eléctrica.....	46
<i>Bastidores de Motocicletas.....</i>	<i>46</i>
<i>Sistema de Transmisión.....</i>	<i>48</i>
<i>Sistema de Enfriamiento</i>	<i>50</i>

	11
<i>Sistema de Frenos</i>	50
Componentes Eléctricos de una Motocicleta Eléctrica	52
<i>Motores Eléctricos</i>	52
<i>Controlador</i>	54
<i>Convertidor Dc-Dc</i>	55
Componentes Electrónicos de una Motocicleta Eléctrica	56
<i>Ordenador a Bordo</i>	56
<i>Comando de Luces y Encendido</i>	57
<i>Sensor de Posición del Acelerador</i>	58
<i>Conector y Cargador</i>	58
<i>Baterías de Alta Tensión</i>	60
<i>Tipo de Baterías Según su Química</i>	60
Ficha Técnica	64
Dinámica de la Motocicleta	66
Ciclos de Conducción Homologados	68
Ciclo de Conducción Para Vehículos Eléctricos	68
<i>Ciclo Wltc Clase 1</i>	69
<i>Métodos de Medición</i>	70
Modelado Dinámico y Simulación	71
Software Cad/Cae	71
<i>Introducción al Programa Solidworks</i>	72
<i>Elementos Básicos del Programa Solidworks</i>	74
<i>Método del Elemento Finito (Fem)</i>	76

<i>Elementos Finitos en Solidworks</i>	78
<i>Aplicación de Materiales, Cargas y Soportes</i>	83
<i>Selección de Mallado</i>	83
Simulación Electrónica.....	84
<i>Matlab y Simulink</i>	84
<i>Simulink</i>	85
<i>Modelado</i>	86
Capítulo III: Determinación de Componentes, Parámetros Eléctricos, Simulación mecánica y Eléctrica	92
Modelo Matemático de la Motocicleta	92
<i>Fuerza Aerodinámica</i>	93
<i>Fuerza de Resistencia a la Rodadura</i>	94
<i>Fuerza de Tracción</i>	95
<i>Fuerza Neta</i>	96
<i>Cálculo de Torque y Potencia Para Mover la Motocicleta del Reposo</i>	96
<i>Cálculo para el Torque Necesario</i>	97
<i>Cálculo de la Potencia Requerida</i>	98
<i>Cálculo de la Velocidad Angular</i>	98
<i>Cálculo del Torque Máximo</i>	99
Cargas en Aceleración Máxima.....	100
Cargas en Frenada Máxima.....	101
<i>Frenada Máxima con la Rueda Delantera</i>	101
<i>Frenada Máxima con la Rueda Trasera</i>	102

Paso Por Curva.....	103
Cálculo de Capacidad de Carga (Autonomía Mínima).....	104
Cálculo de La Autonomía de Batería.....	105
Proceso de Desarmado de la Motocicleta Eléctrica City Coco.....	106
Diagrama del Circuito Eléctrico.....	109
Mediciones del Sistema Eléctrico.....	110
<i>Cargador de Batería</i>	110
<i>Batería</i>	110
<i>Tablero</i>	112
<i>Controlador</i>	113
<i>Motor</i>	115
<i>Acelerador</i>	122
<i>Resistencia Eléctrica De Los Elementos</i>	124
Modelación 3d de la Estructura de la Motocicleta Eléctrica.....	127
Simulación con Cargas Progresivas de la Estructura.....	132
Modelación por Ecuaciones Matemáticas del Conjunto Electromecánico de un Motor Dc.....	137
Modelación por Componentes Eléctricos De Un Motor Dc.....	145
Selección de Rutas de Prueba.....	151
<i>División de la Ciudad</i>	151
<i>Zonas de Mayor Afluencia Vehicular</i>	154
<i>Sistema Vial Zona Urbana de Latacunga</i>	155
Asignación de Rutas.....	160

	14
<i>Puntos de Inicio y Finales de Cada Sector</i>	161
<i>Selección de Parámetros</i>	168
<i>Vehículo.....</i>	168
<i>Dispositivo de Toma de Datos</i>	170
Levantamiento de Datos.....	170
<i>Desarrollo de Recorridos</i>	170
<i>Lectura de Archivos Gpx.....</i>	171
Capítulo IV: Análisis de Resultados Obtenidos con los Aparatos de Medición, simulaciones y Pruebas De Rutas	173
Simulaciones de la Estructura de la Motocicleta en Software Cad.....	173
<i>Simulaciones.....</i>	<i>174</i>
Definición de la Ruta 1: Noroccidental – Centralidad Sur.....	181
<i>Características de la Ruta 1</i>	<i>181</i>
<i>Perfil De Elevación de la Ruta 1</i>	<i>182</i>
<i>Datos Obtenidos de la Ruta 1</i>	<i>184</i>
<i>Ciclo de Conducción de la Ruta 1.....</i>	<i>185</i>
Definición de la Ruta 2:.....	187
<i>Características de la Ruta 2</i>	<i>187</i>
<i>Perfil De Elevación de la Ruta 2.....</i>	<i>188</i>
<i>Datos Obtenidos de la Ruta 2</i>	<i>189</i>
<i>Ciclo De Conducción de la Ruta 2</i>	<i>190</i>
Definición De La Ruta 3:.....	192
<i>Características de la Ruta 3</i>	<i>192</i>

<i>Perfil de Elevación de la Ruta 3</i>	194
<i>Datos Obtenidos de la Ruta 3</i>	195
<i>Ciclo de Conducción de la Ruta 3</i>	196
Definición de la Ruta 4:.....	198
<i>Características de la Ruta 4</i>	198
<i>Perfil de Elevación de la Ruta 4</i>	200
<i>Datos Obtenidos de la Ruta 4</i>	201
<i>Ciclo de Conducción de la Ruta 4</i>	202
Definición de la Ruta 5:.....	203
<i>Características de la Ruta 5</i>	203
<i>Perfil de Elevación de la Ruta 5</i>	204
<i>Datos Obtenidos de la Ruta 5</i>	205
<i>Ciclo de Conducción de la Ruta 5</i>	206
Ciclo de Conducción.....	206
Autonomía.....	208
Capítulo V: Marco Administrativo.....	210
Presupuesto.....	210
Recursos.....	210
<i>Recursos Humanos</i>	210
<i>Recursos Materiales</i>	211
<i>Recursos Tecnológicos</i>	211
Problemática para la Producción en Masa de Motocicletas Eléctricas en el Ecuador.....	212

Conclusiones	218
Recomendaciones	221
Bibliografía	222
Anexos.....	228

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de la variable independiente	36
Tabla 2 Operacionalización de la variable dependiente	38
Tabla 3 Metodología de investigación.....	40
Tabla 4 Motocicletas eléctricas.....	44
Tabla 5 Ficha Técnica	65
Tabla 6 Parámetros para el cálculo del consumo energético.....	67
Tabla 7 Procedimiento desarmado Moto eléctrica City Coco.....	106
Tabla 8 Voltajes de funcionamiento del cargador de batería.....	110
Tabla 9 Voltajes de funcionamiento de la batería	111
Tabla 10 Voltajes de funcionamiento del tablero.....	112
Tabla 11 Voltajes de funcionamiento del controlador.....	113
Tabla 12 Voltajes de funcionamiento del motor (máxima aceleración).....	115
Tabla 13 Voltajes de funcionamiento de los sensores Hall	119
Tabla 14 Resistencias eléctricas halladas en el controlador	125
Tabla 15 Resistencias eléctricas halladas en los terminales del controlador a motor	125
Tabla 16 Resistencias eléctricas halladas en el terminal de velocidades.....	126
Tabla 17 Resistencias eléctricas halladas en el terminal del acelerador	126
Tabla 18 Resistencias eléctricas halladas en el tablero.....	126
Tabla 19 Resistencias eléctricas halladas en los terminales de motor a controlador.....	127
Tabla 20 Zonas con mayor afluencia vehicular.....	154
Tabla 21 Vialidad urbana, arterias principales	155
Tabla 22 Vialidad urbana, arterias secundarias	156
Tabla 23 Vialidad urbana, arterias secundarias 2	158

Tabla 24 <i>Centralidades elegidas de cada zona urbana del cantón</i>	
<i>Latacunga</i>	161
Tabla 25 <i>Orígenes y destinos de las rutas</i>	162
Tabla 26 <i>Rutas</i>	163
Tabla 27 <i>Cantidad de recorridos</i>	167
Tabla 28 <i>Parámetros de ciclo WLTC clase 1</i>	168
Tabla 29 <i>Características principales vehículo</i>	169
Tabla 30 <i>Valores para realizar la simulación</i>	179
Tabla 31 <i>Características de la ruta 1</i>	181
Tabla 32 <i>Características del perfil de elevación</i>	182
Tabla 33 <i>Datos obtenidos de las pruebas de ruta</i>	184
Tabla 34 <i>Características de la ruta 2</i>	187
Tabla 35 <i>Características del perfil de elevación</i>	188
Tabla 36 <i>Datos obtenidos de las pruebas de ruta</i>	190
Tabla 37 <i>Características ruta 3</i>	192
Tabla 38 <i>Características del perfil de elevación</i>	194
Tabla 39 <i>Datos obtenidos de las pruebas de ruta</i>	195
Tabla 40 <i>Características ruta 4</i>	198
Tabla 41 <i>Características del perfil de elevación</i>	200
Tabla 42 <i>Datos obtenidos de las pruebas de ruta</i>	202
Tabla 43 <i>Características ruta 5</i>	203
Tabla 44 <i>Características del perfil de elevación</i>	204
Tabla 45 <i>Datos obtenidos de las pruebas de ruta</i>	205
Tabla 46 <i>Comparación parámetros de ciclo WLTC clase 1</i>	207
Tabla 47 <i>Datos obtenidos de las pruebas de ruta</i>	208
Tabla 48 <i>Recursos humanos</i>	210
Tabla 49 <i>Recursos materiales</i>	211
Tabla 50 <i>Recursos tecnológicos</i>	211

Tabla 50 <i>Elementos de la motocicleta eléctrica y su producción.</i>	212
Tabla 52 <i>Valores de elementos en el mercado internacional</i>	216

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Árbol de problemas</i>	32
Figura 2 <i>Tipos de vehículos eléctricos</i>	44
Figura 3 <i>Motocicleta con bastidor tubular</i>	47
Figura 4 <i>Motocicleta con bastidor autoportante</i>	47
Figura 5 <i>Motocicleta con bastidor doble viga</i>	48
Figura 6 <i>Ejemplo de llanta</i>	49
Figura 7 <i>Ejemplo de neumático de moto eléctrica</i>	50
Figura 8 <i>Sistema de frenos de motocicleta eléctrica</i>	51
Figura 9 <i>Motor Dc de motocicleta City Coco</i>	53
Figura 10 <i>Controladores de estado sólido</i>	54
Figura 11 <i>Características de controlador motocicleta City Coco</i>	55
Figura 12 <i>Convertidor DC/DC</i>	55
Figura 13 <i>Ordenador</i>	56
Figura 14 <i>Comando de luces e interruptor de encendido</i>	57
Figura 15 <i>Comando de luces e interruptor de encendido</i>	58
Figura 16 <i>Conector Yazaki o tipo 1 y cargador de motocicleta eléctrica</i>	59
Figura 17 <i>Batería Plomo - Ácido</i>	62
Figura 18 <i>Batería Níquel - Metal</i>	63
Figura 19 <i>Batería Ion - Litio</i>	64
Figura 20 <i>Características de Batería de motocicleta City Coco</i>	64
Figura 21 <i>Fuerzas actuantes sobre la motocicleta eléctrica</i>	66
Figura 22 <i>Dinámica del vehículo (consumo energético)</i>	67
Figura 23 <i>Perfiles de velocidad del WLTC</i>	69
Figura 24 <i>Interfaz software de diseño 3D (CAD)</i>	72
Figura 25 <i>Pantalla estándar de SolidWorks</i>	75
Figura 26 <i>Barra de herramientas de SolidWorks</i>	75
Figura 27 <i>Command Manager de Solidworks</i>	76

Figura 28 <i>Herramientas de análisis (CAE)</i>	77
Figura 29 <i>Aplicación de fuerzas verticales y transversales</i>	83
Figura 30 <i>Configuración general del mallado</i>	84
Figura 31 <i>Ventana navegación de bloques de Simulink</i> <i>(Simulink Library Browser)</i>	85
Figura 32 <i>Modelo electromecánico de un motor DC</i>	86
Figura 33 <i>Diagramas de bloques en simulink</i>	90
Figura 34 <i>Gráfica de la función de transferencia de la velocidad angular vs</i> <i>voltaje de entrada</i>	91
Figura 35 <i>Cargas actuantes sobre la moto</i>	92
Figura 36 <i>Fuerzas actuantes en el instante de aceleración máxima</i>	100
Figura 37 <i>Cargas actuantes durante el frenado con rueda delantera</i>	101
Figura 38 <i>Cargas actuantes durante el frenado con rueda trasera</i>	102
Figura 39 <i>Cargas durante el paso por curva</i>	103
Figura 40 <i>Esquema circuito eléctrico</i>	109
Figura 41 <i>Cargador de batería</i>	110
Figura 42 <i>Batería</i>	110
Figura 43 <i>Tablero</i>	112
Figura 44 <i>Controlador</i>	113
Figura 45 <i>Motor</i>	115
Figura 46 <i>Señales de bobinas en 1era velocidad (máxima aceleración)</i>	117
Figura 47 <i>Señales de bobinas en 2da velocidad (máxima aceleración)</i>	118
Figura 48 <i>Señales de bobinas en 3ra velocidad (máxima aceleración)</i>	118
Figura 49 <i>Sensores Hall</i>	119
Figura 50 <i>Señal del acelerador en 1ra velocidad (aceleración máxima)</i>	122
Figura 51 <i>Señal del acelerador en 2da velocidad (aceleración máxima)</i>	122
Figura 52 <i>Señal del acelerador en 3ra velocidad (aceleración máxima)</i>	123
Figura 53 <i>Selector de velocidades en 1ra velocidad</i>	123

Figura 54 <i>Selector de velocidades en 2da velocidad</i>	124
Figura 55 <i>Selector de velocidades en 3ra velocidad</i>	124
Figura 56 <i>Toma de medidas de la estructura y demás piezas</i>	128
Figura 56 <i>Realización de sketch 2D y 3D</i>	128
Figura 57 <i>Transformación de croquis 3D a un sólido estructural</i>	129
Figura 58 <i>Solido de estructura principal</i>	130
Figura 59 <i>Importe de piezas al ensamble</i>	131
Figura 60 <i>Restricciones a los componentes</i>	131
Figura 61 <i>Ensamblaje final</i>	132
Figura 62 <i>Definir material en el ensamble</i>	133
Figura 63 <i>Definición de los tipos de conexiones de los elementos</i>	134
Figura 64 <i>Colocación de puntos fijos</i>	134
Figura 66 <i>Aplicación de cargas</i>	135
Figura 67 <i>Definir mallado</i>	136
Figura 68 <i>Corrido de la simulación</i>	137
Figura 69 <i>Esquema electromecánico de un motor Dc</i>	137
Figura 70 <i>Declaración de variables</i>	140
Figura 71 <i>Creación de subsistemas</i>	141
Figura 72 <i>Representación del subsistema eléctrico</i>	141
Figura 73 <i>Representación del subsistema mecánico</i>	142
Figura 74 <i>Modelamiento matemático por ecuaciones de un motor Dc</i>	143
Figura 75 <i>Gráfica velocidad</i>	143
Figura 76 <i>Gráfica torque</i>	144
Figura 77 <i>Gráfica voltaje</i>	144
Figura 78 <i>Gráfica corriente</i>	145
Figura 79 <i>Esquema del circuito eléctrico de un motor Dc</i>	145
Figura 80 <i>Fuente de alimentación del circuito</i>	146
Figura 81 <i>Componentes del controlador</i>	146

Figura 82 <i>Funcionamiento del subsistema Decoder</i>	147
Figura 83 <i>Funcionamiento del subsistema Gates</i>	147
Figura 84 <i>Representación del grupo Mosfet</i>	148
Figura 85 <i>Representación del motor Dc</i>	148
Figura 86 <i>Gráfica de señales del sensor Hall</i>	149
Figura 87 <i>Gráfica de señales generadas por el estator</i>	149
Figura 88 <i>Gráfica de curva de velocidad</i>	150
Figura 89 <i>Ciclo conducción WLTC clase 1</i>	151
Figura 90 <i>División zona urbana cantón Latacunga</i>	152
Figura 91 <i>Mapa sistema vial zona urbana Latacunga</i>	160
Figura 92 <i>Puntos céntricos elegidos de cada zona urbana de Latacunga</i>	161
Figura 93 <i>Motocicleta Citycoco elegida</i>	169
Figura 94 <i>Datos y perfil de elevación de una ruta vistos en el Software</i> <i>MapSource</i>	171
Figura 95 <i>Informe Utrack</i>	172
Figura 96 <i>Ruta marcada por gpsvisualizer</i>	172
Figura 97 <i>Peso de la estructura</i>	173
Figura 98 <i>Gráfica límite superior axial y de flexión</i>	174
Figura 99 <i>Gráfica factor de seguridad</i>	174
Figura 100 <i>Gráfica límite superior axial y de flexión</i>	175
Figura 101 <i>Gráfica factor de seguridad</i>	175
Figura 102 <i>Gráfica límite superior axial y de flexión</i>	176
Figura 103 <i>Gráfica factor de seguridad</i>	176
Figura 104 <i>Gráfica límite superior axial y de flexión</i>	177
Figura 105 <i>Gráfica factor de seguridad</i>	177
Figura 106 <i>Gráfica límite superior axial y de flexión</i>	178
Figura 107 <i>Gráfica factor de seguridad</i>	178
Figura 108 <i>Gráfica carga máxima que soporta la estructura</i>	179

Figura 109 <i>Gráfica carga distribuidas</i>	180
Figura 110 <i>Recorrido ruta 1. a) Noroccidental – Centralidad Sur,</i> <i>b) Centralidad Sur – Noroccidental</i>	182
Figura 111 <i>Perfil elevación ruta 1: Noroccidental – Centralidad Sur</i>	183
Figura 112 <i>Perfil elevación ruta 1: Centralidad Sur - Noroccidental</i>	183
Figura 113 <i>Ciclo conducción ruta 1 – Sujeto 1: Noroccidental</i> <i>– Centralidad Sur</i>	185
Figura 114 <i>Ciclo conducción ruta 1 – Sujeto 1: Centralidad Sur –</i> <i>Noroccidental</i>	185
Figura 115 <i>Ciclo conducción ruta 1 – Sujeto 2: Noroccidental</i> <i>– Centralidad Sur</i>	186
Figura 116 <i>Ciclo conducción ruta 1 – Sujeto 2: Centralidad Sur</i> <i>– Noroccidental</i>	186
Figura 117 <i>Recorrido ruta 2. a) Centralidad Sur – Nororiental,</i> <i>b) Nororiental – Centralidad Sur</i>	188
Figura 118 <i>Perfil elevación ruta 2: Centralidad Sur – Nororiental</i>	189
Figura 119 <i>Perfil elevación ruta 2: Nororiental - Centralidad Sur</i>	189
Figura 120 <i>Ciclo conducción ruta 2 – Sujeto 1: Centralidad Sur</i> <i>– Nororiental</i>	191
Figura 121 <i>Ciclo conducción ruta 2 – Sujeto 1: Nororiental –</i> <i>Centralidad Sur</i>	191
Figura 122 <i>Ciclo conducción ruta 2 – Sujeto 2: Centralidad Sur</i> <i>– Nororiental</i>	191
Figura 123 <i>Ciclo conducción ruta 2 – Sujeto 2: Nororiental</i> <i>– Centralidad Sur</i>	192
Figura 124 <i>Recorrido ruta 3. a) Nororiental – Noroccidental,</i> <i>b) Noroccidental – Nororiental</i>	193
Figura 125 <i>Perfil elevación ruta 3: Nororiental – Noroccidental</i>	194

Figura 126 Perfil elevación ruta 3: Noroccidental - Nororiental.....	194
Figura 127 Ciclo conducción ruta 3 – Sujeto 1: Nororiental – Noroccidental.....	196
Figura 128 Ciclo conducción ruta 3 – Sujeto 1: Noroccidental – Nororiental.....	197
Figura 129 Ciclo conducción ruta 3 – Sujeto 2: Nororiental – Noroccidental	197
Figura 130 Ciclo conducción ruta 3 – Sujeto 2: Noroccidental – Nororiental.....	198
Figura 131 Recorrido ruta 4. Centralidad Principal.....	200
Figura 132 Perfil elevación ruta 4: Centralidad principal – Centralidad principal.....	201
Figura 133 Ciclo conducción ruta 4: Centralidad principal – Centralidad principal.....	202
Figura 134 Recorrido ruta 5. Centralidad Principal – Centralidad Principal.....	204
Figura 135 Perfil elevación ruta 5: Centralidad principal – Centralidad principal	205
Figura 136 Ciclo conducción ruta 5: Centralidad principal – Centralidad principal.....	206
Figura 137 Comparación ciclo de conducción encontrada con el ciclo WLTC clase 1	207

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 <i>Análisis de mallas del modelo electromecánico de un motor DC</i>	87
Ecuación 2 <i>Sección mecánica</i>	87
Ecuación 3 <i>Relación proporcional del voltaje inducido en la armadura y velocidad angular del motor</i>	88
Ecuación 4 <i>Relación mecánica eléctrica</i>	88
Ecuación 5 <i>Transformada laplace de la ecuación 1</i>	88
Ecuación 6 <i>Transformada laplace de la ecuación 2</i>	88
Ecuación 7 <i>Transformada laplace de la ecuación 3</i>	88
Ecuación 8 <i>Transformada laplace de la ecuación 4</i>	88
Ecuación 9 <i>Sustitución ecuación 7 y 8 en la 5</i>	89
Ecuación 10 <i>Sustitución velocidad angular en la ecuación 9</i>	89
Ecuación 11 <i>Función de transferencia</i>	89
Ecuación 12 <i>Función de transferencia</i>	89
Ecuación 13 <i>Función de transferencia</i>	89
Ecuación 14 <i>Función de transferencia</i>	89
Ecuación 15 <i>Ecuación final modelado</i>	90
Ecuación 16 <i>Ecuación final modelado</i>	90
Ecuación 17 <i>Ecuación final modelado</i>	90
Ecuación 18 <i>Ecuación final modelado</i>	90
Ecuación 19 <i>Ecuación dinámica de cargas actuantes sobre la moto</i>	92
Ecuación 20 <i>Fuerza aerodinámica</i>	93
Ecuación 21 <i>Fuerza de resistencia a la rodadura</i>	94
Ecuación 22 <i>Fuerza de tracción</i>	95
Ecuación 23 <i>Fuerza neta</i>	96
Ecuación 24 <i>Fuerza de empuje</i>	96
Ecuación 25 <i>Torque necesario</i>	97
Ecuación 26 <i>Potencia necesaria</i>	98

Ecuación 27 <i>Velocidad Angular</i>	98
Ecuación 28 <i>Torque máximo</i>	99
Ecuación 29 <i>Fuerza a carga máxima</i>	101
Ecuación 30 <i>Frenada máxima rueda delantera</i>	102
Ecuación 31 <i>Frenada máxima rueda trasera</i>	102
Ecuación 32 <i>Cargas durante el paso de la curva</i>	104
Ecuación 33 <i>Capacidad de carga</i>	104
Ecuación 34 <i>Intensidad entregada por la batería</i>	105
Ecuación 35 <i>Tiempo de duración de la batería</i>	106

Resumen

El proyecto investigativo presenta el análisis eléctrico y mecánico de una motocicleta eléctrica a partir de la utilización de cálculos matemáticos, simulaciones estructurales, eléctricas y pruebas de autonomía, en el cual se describe todas las fórmulas y ecuaciones relacionadas con la dinámica, estática y autonomía del vehículo, analizando un diagrama de cuerpo inicial para la determinación de dichos cálculos, también se analiza las simulaciones mecánicas sometiendo cargas a la estructura y parámetros eléctricos, se generara un ciclo de conducción y se determinará la autonomía real . Es una investigación que surge de la necesidad de comprender las fuerzas, cargas y parámetros eléctricos que actúan sobre una motocicleta eléctrica que parte del reposo y las fuerzas contrarias que influyen en su movilidad, además se descubrirá la carga máxima que puede soportar la estructura, también de la necesidad de determinar la factibilidad de este tipo de movilidad alternativa en la ciudad de Latacunga. El enfoque metodológico que se usa es la matematización ya que, gracias a este, ayuda a obtener valores y parámetros de diseño. Inicialmente se aborda con el estudio de las motocicletas eléctricas y de los datos primordiales del fabricante que serán utilizados para un modelado matemático. como conclusión se establece que la motocicleta eléctrica cumple su autonomía dadas las condiciones del territorio en el que se encuentra, así como otros agentes externos que intervienen en él, cumple también las cargas máximas y parámetros eléctricos que son descritas en la ficha técnica.

Palabras clave: Motocicleta alternativa, vehículos eléctricos, movilidad alternativa, autonomía de la motocicleta.

Abstract

The research project presents the electrical and mechanical analysis of an electric motorcycle based on the use of mathematical calculations, structural and electrical simulations and autonomy tests, in which all the formulas and equations related to the dynamics, statics and autonomy of the motorcycle are described. vehicle, analyzing an initial body diagram for the determination of said calculations, the mechanical simulations are also analyzed by subjecting loads to the structure and electrical parameters, a driving cycle will be generated and the real autonomy will be determined. It is an investigation that arises from the need to understand the forces, loads and electrical parameters that act on an electric motorcycle that starts from rest and the opposing forces that influence its mobility, in addition, the maximum load that the structure can support will be discovered, as well of the need to determine the feasibility of this type of alternative mobility in the city of Latacunga. The methodological approach used is mathematization since, thanks to this, it helps to obtain values and design parameters. Initially, it is addressed with the study of electric motorcycles and the primary data of the manufacturer that will be used for mathematical modeling. As a conclusion, it is established that the electric motorcycle fulfills its autonomy given the conditions of the territory in which it is located, as well as other external agents that intervene in it, it also fulfills the maximum loads and electrical parameters that are described in the technical sheet.

Keywords: Alternative motorcycle, electric vehicles, alternative mobility, motorcycle autonomy.

Capítulo I

Marco metodológico de la investigación.

Antecedentes

Los automóviles que funcionan con motores de combustión interna comprenden la mayoría del parque automotor del mundo.

Actualmente el transporte depende en su mayor parte de energía fósil, cuyo derivado cubre el 98% de las necesidades energéticas del sector automotor. No cabe duda de que los vehículos hacen parte de nuestro diario vivir. El problema radica en que, en su mayoría, éstos funcionan por combustión interna generando un alto impacto sobre el medio ambiente a través de la emisión de gases con efecto invernadero. (Santana, 2016, pág. 4)

La mayoría del parque automotor del Ecuador funciona a partir de la quema de combustibles fósiles, las principales ventajas de los medios de transporte eléctricos son:

- El tema medioambiental es el principal factor, de esa forma se ayuda a preservar la atmósfera, se debe sustituir el combustible por la energía eléctrica. El no emitir gases nocivos es un punto positivo dado a que este es uno de los principales problemas de contaminación, y se busca la reducción del petróleo.
- Poco ruidoso, es decir no producen contaminación sonora, esto es bueno tanto para el conductor, como para los peatones, el motor eléctrico es menos ruidoso que el vehículo que tiene motor a gasolina.
- Mínima contaminación auditiva.
- Menor número de revisiones es decir se lo debe llevar a mantenimiento en menores ocasiones y reduce el gasto económico de los dueños.
- Más eficiencia, menos consumo, más ahorro en comparación con los vehículos tradicionales. (Santana, 2016, pág. 15)

Existe un gran beneficio el hacer uso de vehículos eléctricos, no solo por su baja contaminación ambiental, sino también a nivel monetario para los propietarios.

Todo vehículo tiene una gran trayectoria en cuanto a su desarrollo tecnológico y la motocicleta no es una excepción.

Data de hace más de 130 años. Hablar de la historia de la motocicleta es hablar de más de 100 años de evolución tecnológica, esta evolución tuvo lugar gracias a factores externos como lo son la cultura, el espacio geográfico, la economía, la sociedad y años más tarde el medio ambiente. (Alarcón Soria, 2016, pág. 6)

Tanto la motocicleta eléctrica como la combustión interna fueron desarrolladas casi en el mismo periodo de tiempo, que data a finales del siglo XIX. El desarrollo de la tecnología afectó el desarrollo de la motocicleta eléctrica tanto así que la motocicleta con motor de combustión interna adelantó por mucho en desarrollo y producción a la eléctrica, a pesar de tener patrones y tendencia de diseños similares.

La gran diferencia en desarrollo de las motocicletas eléctricas y de combustión interna fue solucionada no solo hasta mediados del siglo XX, debido al avance de tecnologías las prestaciones de las motocicletas eléctricas fueron aumentando, logrando prestaciones similares (autonomía, velocidad) a la de una motocicleta de combustión interna.

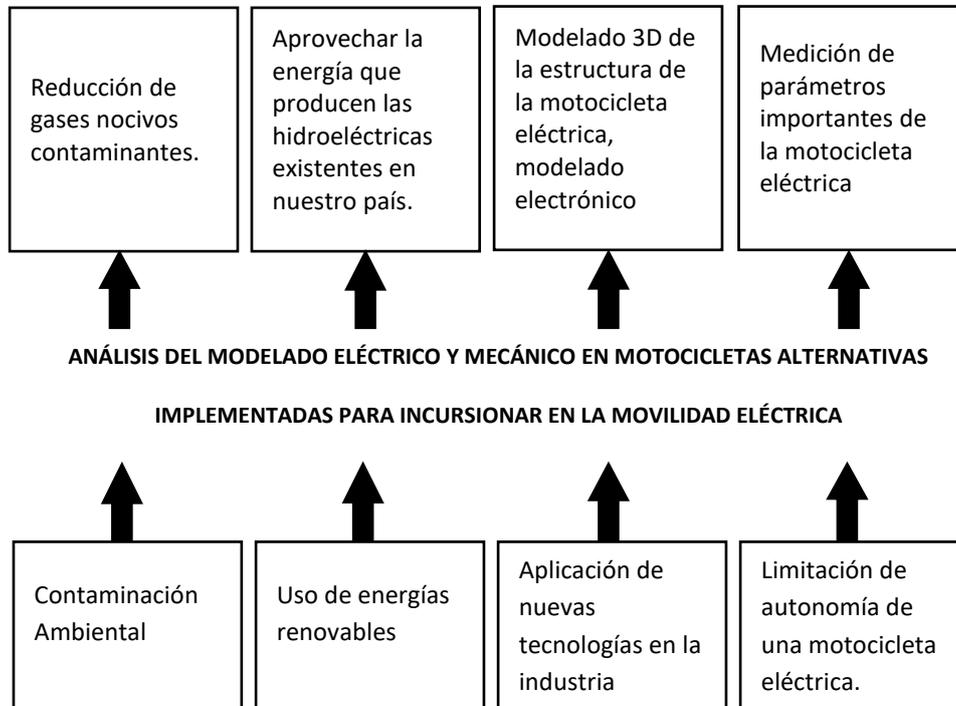
El último cuarto del siglo XX y los primeros años del siglo XXI, los avances en prestaciones de motocicletas eléctricas fueron principalmente al desarrollo de nuevos tipos de baterías y motores eléctricos más potentes, esto ha beneficiado las prestaciones de la motocicleta eléctrica.

Hoy en día el mercado de las motocicletas eléctricas es un mercado pequeño, pero con gran potencial de crecimiento en el Ecuador esto debido al abastecimiento eléctrico con el que el país cuenta.

Planteamiento del problema

Figura 1

Árbol de problemas



Los gases producidos de la quema de combustibles fósiles en MCI son los principales causantes de la contaminación ambiental, principalmente en el aire, dicha contaminación no solo afecta a la capa de ozono, sino que tiene muchas otras consecuencias como pueden ser las lluvias ácidas, afecciones respiratorias en el ser humano. Teniendo como objetivo principal la reducción de contaminación ambiental y gracias al avance de la tecnología se ha logrado aplicar las nuevas tecnologías en la industria automotriz, de esta manera se han generado vehículos eléctricos: buses, automóviles, motocicletas, etc., siendo la autonomía el principal obstáculo que presentan estos vehículos que son impulsados por el uso de energías renovables.

En el caso del Ecuador que cuenta con hidroeléctricas se busca promover el uso de vehículos eléctricos para aprovechar la energía generada por estas, con el fin de reducir la contaminación ambiental. Con el análisis de parámetros eléctricos y mecánicos de una

motocicleta eléctrica se busca probar la autonomía y eficiencia de este medio de transporte en la ciudad de Latacunga.

El tema a investigar es: “ANÁLISIS DEL MODELADO ELÉCTRICO Y MECÁNICO EN MOTOCICLETAS ALTERNATIVAS IMPLEMENTADAS PARA INCURSIONAR EN LA MOVILIDAD ELÉCTRICA”

Descripción resumida del proyecto

Se investigó fuentes de información confiables sobre los principales medios de transporte alternativos eléctricos de temas relacionados con el proyecto como: artículos científicos, libros, investigaciones científicas, bases y repositorios digitales.

Se determinó los modelos y diseños de motocicletas alternativas existentes en el parque automotor del Ecuador, agrupándolos por sus características principales como su prototipo, potencia, torque, relación de transmisión, velocidad máxima y baterías (marca, química, voltaje, corriente, energía, autonomía).

Se realizó una investigación detallada de los componentes mecánicos y eléctricos implementados en los sistemas de las motocicletas eléctricas alternativas y así obtener un estudio más comprensivo y familiarizado con dichos elementos.

Se estimó y verificó el funcionamiento del sistema de control eléctrico de bajo y alto voltaje del sistema de propulsión de la motocicleta alternativa

Se obtuvo señales de desempeño eléctrico en pruebas de campo (prueba de consumo y aceleración en pendiente), para determinar la fiabilidad que se tiene del uso de este medio de transporte en la ciudad de Latacunga y geografía de nuestro país.

Se estimó la modelación del sistema mecánico y estructural de la motocicleta eléctrica en software especializado para generar alternativas de planos y procesos de fabricación de este medio de transporte, considerando el factor de seguridad, simulaciones de prestaciones, durabilidad aplicando y modificando cargas aplicadas.

Se analizó el comportamiento de la motocicleta alternativa en el ámbito eléctrico y mecánico mediante el análisis de mediciones y simulaciones otorgadas a través de la utilización de software especializado.

Basado en las pruebas realizadas se generó un análisis correspondiente de los beneficios y así determinar la factibilidad técnica y económica de uso como transporte alternativo.

Justificación e importancia

El continuo avance de la tecnología ha contribuido en muchos sectores como es el caso de la industria automotriz, teniendo como precedentes de movilidad a los caballos, carruajes, vehículos de combustión interna (Carburador, inyección electrónica, diésel), vehículos híbridos, vehículos eléctricos y vehículos con pila de hidrógeno.

El gobierno del Ecuador teniendo en cuenta la gran capacidad energética que se tiene al poseer distintas hidroeléctricas, se trata de visualizar un futuro en que los vehículos eléctricos serán la movilidad principal en el país, por lo que se presenta una alternativa con el uso de motocicletas eléctricas, dependiendo de las necesidades del usuario y capacidades de estas. Al tener un medio de transporte eléctrico ayuda a economizar el costo de mantenimiento de este, la relación monetaria entre el consumo de energía eléctrica y el consumo de combustibles es menor además de ser amigable con el medio ambiente.

La aplicación de nuevas tecnologías en la industria automotriz como es el caso de softwares de ingeniería avanzados permite optimizar y reducir costos de prueba y error de diseños de prototipos de medios de transportes eléctricos que se quieran introducir en el mercado automotriz.

Uno de los problemas de los medios de transporte eléctricos es la limitación de la autonomía, con el modelado y simulación se puede personalizar los parámetros de funcionamiento que requiere un medio de transporte eléctrico para desplazarse de acuerdo con la necesidad de su propietario ayudando a la disminución de costos.

Objetivos

Objetivo General

Analizar el modelado eléctrico y mecánico en motocicletas alternativas implementadas para incursionar en la movilidad eléctrica.

Objetivos específicos

- Investigar en fuentes de información acerca de los principales medios de transporte alternativos eléctricos relacionados con el proyecto.
- Determinar modelos y diseños de motocicletas alternativas existentes en el mercado automotor del Ecuador, agrupándolos por sus parámetros más relevantes.
- Identificar los componentes mecánicos y eléctricos implementados en los sistemas de motocicletas alternativas.
- Verificar el sistema de control eléctrico de baja y alta potencia del tren motor de la motocicleta alternativa.
- Obtener los parámetros eléctricos necesarios de funcionamiento para la ciudad de Latacunga y geografía del Ecuador.
- Modelar y simular los componentes mecánicos y estructurales de la motocicleta alternativa en el software CAD especializado.
- Analizar las gráficas obtenidas de acuerdo con las mediciones y simulaciones obtenidas.
- Determinar la factibilidad del uso de motocicletas eléctricas como medio de transporte alternativo en la ciudad de Latacunga.

Metas

Obtener los parámetros de funcionamiento mecánico y eléctrico para incursionar en la modelación de sistemas de movilidad eléctrica para determinar su factibilidad técnica y económica de aplicación.

Hipótesis

El desarrollo de modelado mecánico y eléctrico permitirá obtener un análisis técnico práctico del diseño de motocicletas eléctricas, que establezca la factibilidad económica y técnica para la implementación de la movilidad eléctrica.

VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

Variable independiente

Modelado eléctrico y mecánico

Variable dependiente

Movilidad eléctrica

Operacionalización de variables

- **Variable independiente**

Tabla 1

Operacionalización de la variable independiente

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Medio de transporte alternativo de componentes y funcionamiento eléctrico y mecánico	Batería de alto voltaje	Voltaje	V	Simulación	Guía metodológica
		Intensidad	A	Simulación	Guía metodológica
		Energía	kWh	Simulación	Guía metodológica
	Motor eléctrico	Potencia	kW	Simulación	Guía metodológica
		Torque	Nm	Simulación	Guía metodológica
		Voltaje	V	Simulación	Guía metodológica
	Controlador	Potencia	kW	Simulación	Guía

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Medio de transporte alternativo de componentes y funcionamiento o eléctrico y mecánico	motor eléctrico				metodológica
		Voltaje	V	Simulación	Guía metodológica
	Convertidor DC/DC	Potencia	kW	Simulación	Guía metodológica
		Voltaje	V	Simulación	Guía metodológica
	Cargador a bordo	Voltaje	V	Simulación	Guía metodológica
		Corriente	A	Simulación	Guía metodológica
		Potencia	kW	Simulación	Guía metodológica
	Mecánico	Esfuerzos	Pa	Simulación	Guía metodológica
		Torque	J	Simulación	Guía metodológica
		Factor de seguridad	-	Simulación	Guía metodológica
		Análisis de cargas	-	Simulación	Guía metodológica
		Masa del conductor	kg	Simulación	Guía metodológica
		Masa	kg	Simulación	Guía metodológica
		Gravedad	m/s ²	Simulación	Guía metodológica
Inclinación de pendiente		rad	Simulación	Guía metodológica	
Relación de transmisión	-	Simulación	Guía metodológica		

- **Variable dependiente**

Tabla 2*Operacionalización de la variable dependiente*

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos	
Es la autonomía de la motocicleta eléctrica tomando en cuenta la geografía de Latacunga y demás factores	Factores	Masa del conductor	kg	Simulación	Guía metodológica	
		Masa	kg	Simulación	Guía metodológica	
		Gravedad	m/s ²	Simulación	Guía metodológica	
		Inclinación de pendiente	rad	Simulación	Guía metodológica	
		Relación de transmisión	-	Simulación	Guía metodológica	
	Autonomía		Distancia	Km	Simulación	Guía metodológica
			Potencia eléctrica	kW	Simulación	Guía metodológica
			Energía de consumo	kWh	Simulación	Guía metodológica
			Voltaje	V	Simulación	Guía metodológica
			Corriente	A	Simulación	Guía metodológica
			Eficiencia	%	Simulación	Guía metodológica

Metodología

En la presente investigación se utilizó varios métodos y técnicas generales para las diversas ramas de la ciencia, en el desarrollo del proyecto se aplicó los siguientes métodos: inductivo, analítico, sintético, experimental, comparativo, medición, matematización y modelización para el desarrollo de la investigación.

Método inductivo

Con este método se concluyó el funcionamiento, desde cada componente hasta la motocicleta eléctrica como un todo a través de la observación (se obtuvo información del mundo real mediante el uso de los sentidos y equipos de medición) comprendiendo.

Método analítico

Mediante este método se analizó todos los datos obtenidos para conocer de mejor manera la motocicleta eléctrica en general, determinando su funcionamiento dentro de la ciudad de Latacunga para impulsar a la misma como movilidad alternativa.

Método sintético

Se utilizó el método sintético generando conclusiones concretas del desenvolvimiento de la motocicleta eléctrica en la ciudad de Latacunga y también de las capacidades mecánicas de su estructura, esto a través de todos los resultados recabados a lo largo de la investigación.

Método experimental

Mediante este método se generó pruebas con el objetivo de obtener parámetros de las motocicletas eléctricas en condiciones normales (mediciones laboratorio) y el desenvolvimiento de esta en la ciudad de Latacunga.

Método comparativo

Con este método se comparó los datos obtenidos en pruebas de rutas verificando el porcentaje de error entre la autonomía teórica y la real, así mismo se comparó los resultados de las simulaciones de cargas realizadas en la estructura de la motocicleta.

Método de medición

Se realizó las mediciones tanto de los parámetros principales de la motocicleta eléctrica, como, la potencia eléctrica, torque, consumo de energía, distancia, velocidad,

aceleración, el estado de carga de la batería y la fuerza total de tracción en tiempo real, en un determinado ciclo de conducción con su variación de pendiente.

Método de matematización

Se procesó los cálculos en la obtención de parámetros para realizar las simulaciones, así mismo se obtuvo valores que ayudarán a un mejor entendimiento de la autonomía de la motocicleta electrónica.

Método de modelación

Mediante este método se realizó el modelado 2D y 3D de la estructura de una motocicleta eléctrica determinando su comportamiento al ser sometido a diferentes cargas, así mismo se realizará la simulación de la parte electrónica de la motocicleta eléctrica.

Tabla 3

Metodología de investigación

Metodología	Descripción	Equipo	Instalaciones y citas-virtual
Inductivo	Se comprendió de mejor manera el funcionamiento de la motocicleta eléctrica, partiendo desde sus componentes hasta un todo.	Computador, Matlab Simulink	Laboratorio de Autotrónica - Biblioteca de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE"
Analítico	Se logró un mejor conocimiento de la motocicleta eléctrica como movilidad alternativa, se realizó el análisis de las simulaciones mecánicas para determinar el comportamiento de la estructura frente a cargas.	Computador, Software CAD	Laboratorio de Autotrónica - Biblioteca de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE"
Sintético	Se sacó conclusiones concretas de las diferentes actividades	Computador, Software	Laboratorio de Autotrónica -

Metodología	Descripción	Equipo	Instalaciones y citas-virtual
	realizadas en esta investigación.	CAD, Matlab Simulink	Biblioteca de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE"
Experimental	Se realizó pruebas para obtener los parámetros de funcionamiento de la motocicleta eléctrica, así como el desenvolvimiento en la ciudad de Latacunga.	Computador, Microsoft Excel Software CAD	Laboratorio de Autotrónica - Biblioteca de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE"
Comparativa	Se compró entre la autonomía teórica de la motocicleta eléctrica versus la autonomía real en la ciudad de Latacunga, otra referente a las simulaciones tanto electrónicas como mecánicas.	Computador, Microsoft Excel Software CAD, Matlab Simulink	Laboratorio de Autotrónica - Biblioteca de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE"
Medición	Se obtuvo valores numéricos de la potencia (mecánica, eléctrica), torque, consumo de energía, distancia, velocidad, aceleración, el estado de carga de la batería y la fuerza total de tracción en tiempo real, en un determinado ciclo de conducción con su variación de pendiente.	Equipos de diagnóstico	Laboratorio de Autotrónica - Biblioteca de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE"
Matematización	Se realizó el proceso de cálculos en la obtención de parámetros para realizar las simulaciones, así mismo se obtendrá valores que ayudarán a un mejor	Computador	Laboratorio de Autotrónica - Biblioteca de la Universidad de las Fuerzas

Metodología	Descripción	Equipo	Instalaciones y citas-virtual
	entendimiento de la autonomía de la motocicleta electrónica.		Armadas "ESPE
Modelación	Se modeló en 2D y 3D la estructura de una motocicleta eléctrica para su posterior simulación soportando diferentes cargas, así mismo se permitió realizar el modelado electrónico.	Computador, software de simulación Matlab Simulink, SolidWorks	Laboratorio de Autotrónica - Biblioteca de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE

Capítulo II

Marco teórico

Vehículos Eléctricos

Todo medio usado para transportar algo de un lugar a otro es considerado como vehículo. “Un coche eléctrico es un vehículo impulsado por uno o más motores eléctricos que utilizan la energía almacenada en baterías recargables y la transforma en energía mecánica”. (Trashorras Montecelos, 2019, pág. 2). Estos vehículos son una gran alternativa frente a los cambios climáticos producto de la contaminación ambiental.

La diferencia principal entre un vehículo eléctrico y uno convencional es la manera en la que obtienen la potencia de propulsión para movilizar el vehículo, en un vehículo eléctrico su sistema de propulsión funciona a base de motores eléctricos, mientras que un vehículo convencional funciona a partir de motores que funcionan con la quema de combustibles fósiles los cuales son poco amigables con el medio ambiente.

La contaminación ambiental es producto de muchas actividades hechas por el hombre, una de las más importantes contaminaciones es producto de los motores de combustión interna.

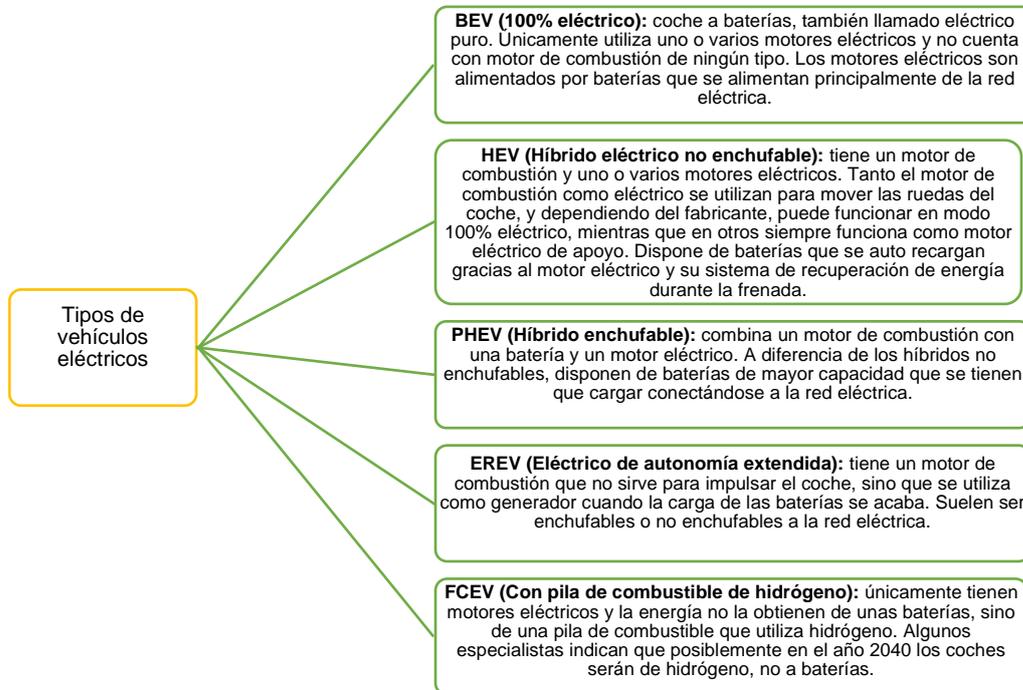
La combustión de hidrocarburos en los motores térmicos produce vapor de agua (H₂O) y dióxido de carbono (CO₂) como residuos directos. También, y en menor medida, se emiten compuestos tóxicos como son: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x), hidrocarburos (H_xC_x), etcétera. (Ros & Barrera, 2017, pág. 30)

Los motores eléctricos pueden ser iguales que los motores de combustión interna cuando de prestaciones se trata, las principales ventajas de un motor eléctrico frente a uno de combustión interna son los silenciosos que son esto debido a la diferencia de un número menor de componentes mecánicos, con esto surge otra ventaja la cual es la reducción en el mantenimiento ya que al tener menos componentes el mantenimiento de un motor eléctrico es técnicamente más simple.

Clasificación de Vehículos Eléctricos

Figura 2

Tipos de vehículos eléctricos



Nota. Tomado de (Trashorras Montecelos, 2019)

Clasificación de motocicletas eléctricas

Tabla 4

Motocicletas eléctricas

MODELO	CARACTERÍSTICAS	IMAGEN
CITY COCO	<ul style="list-style-type: none"> - Motor 1500 W - Batería interna de litio 60V 12AH - Autonomía 40 Km - Tablero digital con indicador de batería - Tiempo de carga 4 horas - Frenos de disco 	

MODELO	CARACTERÍSTICAS	IMAGEN
CITY COCO 2.0	<ul style="list-style-type: none"> - Motor 1500 W - Batería interna de litio 60V 12AH - Autonomía 40 Km - Tablero digital con indicador de batería - Tiempo de carga 4 horas - Frenos de disco - Doble asiento 	
SCOOTER ELÉCTRICO	<ul style="list-style-type: none"> - Motor 2000 W - Batería interna de litio 60V 20AH - Autonomía 50 Km - Luces direccionales - Tiempo de carga 4 horas - Frenos de disco - Amortiguación trasera y delantera - Tablero digital con velocímetro e indicador de batería 	
SCOOTER ELÉCTRICO 2.0	<ul style="list-style-type: none"> - Motor 2000 W - Batería interna de litio 60V 20AH - Autonomía 50 Km - Luces direccionales - Tiempo de carga 4 horas - Frenos de disco - Mini baúl 	

MODELO	CARACTERÍSTICAS	IMAGEN
	<ul style="list-style-type: none"> - Amortiguación trasera y delantera - Tablero digital con velocímetro e indicador de batería 	
SCOOTER ELÉCTRICO 3.0	<ul style="list-style-type: none"> - Motor 1500 W - Batería interna de litio 60V 12AH - Autonomía 40 Km - Luces direccionales - Tiempo de carga 4 horas - Frenos de disco - Mini baúl - Amortiguación trasera y delantera - Tablero digital con velocímetro e indicador de batería. 	

Nota. Tomado de (Imp Multi Marks)

Sistemas y componentes mecánicos de la motocicleta eléctrica

Bastidores de motocicletas

- **Tubular**

La característica principal de este tipo de bastidor es conocida por ser un entramado de tubos circulares cuyos diámetros son de diferente medida y unidos unos con otros por medio de soldaduras, creando así una estructura rígida. Puede ser combinable su unificación con tubos rectangulares para hacer subestructuras de anclaje. Son construidos generalmente en acero, pero debido a un mejoramiento de técnicas en soldadura se

construyen en aluminio ya sea a nivel comercial como en competición (Laica & Reynaldo, 2014).

Figura 3

Motocicleta con bastidor tubular



Nota. Tomado de (Laica & Reynaldo, 2014)

- **Autoportantes**

La peculiaridad principal de los bastidores autoportantes es la utilización del motor como parte estructural del mismo, por esa razón sufre esfuerzos al ser parte de este conjunto. Otra definición de este tipo de bastidores es conocida como la unión entre la parte frontal y el basculante, las tres partes de la motocicleta son necesarias para poder mantenerse como un bloque unido (Segovia, 2021, pág. 24).

Figura 4

Motocicleta con bastidor autoportante



Nota. Tomado de (Segovia, 2021, pág. 24).

- **Doble viga**

Doble viga mecanizado se conoce básicamente como el mecanismo donde se relaciona la pipa de dirección directamente con el basculante. Este tipo de bastidor posee un grado de dificultad mínimo al momento de diseñar, ya que la simulación resulta más predecible, al tratarse de dos vigas unidas a dos puntos fijos (Munain & López, 2014, págs. 23-25).

Figura 5

Motocicleta con bastidor doble viga



Nota. Tomado de (Munain & López, 2014, págs. 23-25)

Sistema de transmisión

El sistema de transmisión es el encargado de llevar la fuerza o tracción otorgada por parte del motor hacia las ruedas, para desplazar el vehículo.

La motocicleta eléctrica City Coco no necesita una caja de cambios, esta transmite toda la potencia desde su eje directamente a la rueda (Laica & Reynaldo, 2014, pág. 32).

La reducción de componentes es muy importante a la hora de reducción en gastos de mantenimiento, esta es otra ventaja de las motocicletas eléctricas.

- **Llantas**

Las motocicletas eléctricas urbanas por lo general tienen el motor eléctrico acoplado a la llanta. “La llanta es la pieza donde se monta el neumático y que permite que la rueda

gire adecuadamente sobre su eje. Aquí irán anclados los discos de freno, ya que giran juntamente con la rueda” (Salmerón, 2015, pág. 107). Los aros o llantas son diseñados por cada fabricante, sin embargo, para mejores resultados suelen acudir a un fabricante externo para el desarrollo de una llanta con el menor peso posible.

Figura 6

Ejemplo de llanta



Nota. Tomado de (Salmerón, 2015)

- **Neumáticos**

Uno de los principales elementos para tener en cuenta a la hora de diseñar una motocicleta eléctrica debería ser la selección de neumáticos, ya que la adherencia que este tenga al suelo repercute en la autonomía de la motocicleta.

Es una de las partes más importantes de la motocicleta, ya que es la única pieza que está realmente en contacto con la carretera. Siempre tienen que estar en perfectas condiciones, por lo cual se deberá tener especial cuidado con ellos y revisarlos periódicamente para evitar cualquier problema. (Salmerón, 2015, pág. 110)

En este tipo de motocicletas es de lo más común encontrar neumáticos anchos, ya que aumentaría la huella de contacto con el asfalto, mejorando el agarre y la respuesta en aceleraciones. También juega un papel muy importante cuando se pueden alcanzar grandes velocidades, ya que ayuda a evacuar mejor el calor.

Figura 7

Ejemplo de neumático de moto eléctrica.



Nota. Tomado de (Salmerón, 2015)

Sistema de enfriamiento

Debido a la geometría de las motocicletas, el enfriamiento de los componentes es muy fácil de solucionar.

En las motos eléctricas el sistema de enfriamiento es por flujo de y de esta manera pueda mantener una temperatura óptima de trabajo para los motores eléctricos como para la batería y el controlador (Laica & Reynaldo, 2014, pág. 32).

El enfriamiento por flujo de aire ayuda a disminuir la cantidad de componentes y también vuelve a la motocicleta eléctrica más económica.

Sistema de frenos

Los frenos son parte de la seguridad activa en cualquier vehículo, existe una gran variedad de tipos y varían según las necesidades y prestaciones del vehículo.

El Sistema de los frenos de la motocicleta Citycoco es uno de los más importantes, en el cual una parte móvil el disco adherido con la rueda que gira, es sometido al rozamiento de unas superficies de alto coeficiente de fricción las pastillas que ejercen sobre ellos una fuerza suficiente como para transformar toda o parte de la energía cinética del vehículo en movimiento, en calor, hasta reducir su velocidad, según sea el caso (Laica & Reynaldo, 2014, pág. 32).

Los frenos son un equipo de suma importancia para la seguridad vial al momento de conducir cualquier vehículo.

Un buen equipo de frenos es un factor fundamental en la seguridad activa y el comportamiento de la motocicleta. En las motos, el freno más importante es el delantero, ya que en las frenadas todo el peso del conjunto recae sobre ese eje, mientras que el trasero actúa únicamente como soporte de éste. Normalmente los dos frenos trabajan de forma independiente para que sea el piloto el que utilice cada uno a su voluntad, según sus sensaciones, pero existen algunos modelos con frenada combinada, para facilitar el uso al conductor. Básicamente se utilizan dos sistemas de frenos diferentes: los de disco y los de tambor. Hoy en día, la mayoría de las modelos suelen utilizar frenos de disco, pero en ocasiones en las que se quieren reducir costes y no se requieren frenos muy potentes, debido a la potencia del vehículo, como es el caso de los ciclomotores, aún se siguen utilizando los de tambor, aunque solo en el tren posterior, ya que únicamente sirve como apoyo y es el que menos fuerza necesita. (Salmerón, 2015, pág. 120)

Los frenos serán los mismos que de una motocicleta convencional, el cual consta de:

- Discos de freno
- pinzas de freno
- bomba hidráulica
- manubrio de frenado

Figura 8

Sistema de frenos de motocicleta eléctrica



Nota. Sistema de freno de motocicleta (disco, bomba, pedal, manguera, pistones y pastillas)

Componentes eléctricos de una motocicleta eléctrica

La motocicleta eléctrica está constituida por diferentes elementos que permiten la conversión de energía, el almacenamiento y carga de la misma. Dicho esto, se detallan los elementos principales que necesita una motocicleta eléctrica para un idóneo funcionamiento.

Motores eléctricos

El motor es el encargado de transformar en movimiento la energía química, eléctrica, térmica, etc.

Un motor es un receptor, que al ser alimentado mediante una corriente eléctrica sea esta alterna o continua, produce un movimiento giratorio en su eje que, a través de los acoplamientos mecánicos adecuados, se aprovecha para efectuar diferentes trabajos en el sector industrial y doméstico. (Castillo & García , 2016)

Existe una amplia gama de motores eléctricos, depende del diseñador o fabricante las prestaciones que se consideran necesarias para una correcta propulsión de una motocicleta eléctrica.

- **Motor corriente continua**

Los motores de corriente continua son los más utilizados en vehículos eléctricos, esto por las numerosas ventajas con las que cuenta en regulación de velocidades entre otras.

Los motores de corriente directa o continua, como también se les llama, presentan la ventaja de tener una gran capacidad para regular su velocidad de rotación, lo cual los hace necesarios en aquellas de aplicaciones en las cuales se precisa un ajuste fino de la velocidad y torque. En estos motores el estator está formado por polos principales activados por corrientes continuas. Suelen llevar además polos auxiliares y en grandes potencias polos de compensación. (Castillo & García , 2016)

- Derivación. - El estator se alimenta con la misma tensión de alimentación que el inducido.
- Independiente. - El estator se alimenta con una fuente de corriente continua independiente.
- Serie. - La intensidad que atraviesa los devanados del estator es la misma que alimenta el inducido.
- Compuesto. - Es una combinación de las características Serie y Derivación.

No obstante, los motores de corriente directa necesitan una alimentación especial diferente a la que suministran las empresas eléctricas, por ello utilizan equipos adicionales como rectificadores de potencia, con los que la corriente alterna es convertida a directa; así como en ocasiones baterías de reserva lo cual incrementa los costos del mismo motor y la instalación complementaria. (José, 2011, pág. 5)

Una de las principales características de estos tipos de motores es la capacidad de regular la velocidad, otra es que su generación y distribución se realiza en corriente alterna es por esto que necesitan equipos especiales para funcionar como rectificadores de potencia y en ocasiones baterías de reserva.

Figura 9

Motor Dc de motocicleta City Coco



Nota. Tomado de (City Coco, 2020)

Controlador

El motor funciona con un tipo de voltaje y amperaje, de no ser este el correcto, el motor no puede funcionar al 100 % de su capacidad o este puede averiarse. “El controlador, es el encargado de enviar la energía necesaria al motor. Alimenta al motor por medio de pulsos, el controlador suele ser específico para cada tipo de motor” (Valencia, 2018, pág. 33). Las principales funciones del controlador es la regulación de velocidad y par.

- Controlador de estado sólido

Figura 10

Controladores de estado sólido



Nota. Controlador de entrada y salida de voltaje

Por lo general los motores de motocicletas eléctricas son motores de corriente directa, trifásicos por tal motivo los controladores deben tener prestaciones para estos motores.

Está compuesto por dispositivos sólidos (transistores de tipo MOSFET), controlan la tensión que alimenta al motor, la tensión aumenta en forma progresiva evitando el cambio brusco de par. Mediante este tipo de arranque se logra controlar las características de trabajo durante la etapa de arranque y parada. Estos controladores se usan para motores de inducción trifásicos estándar o en estrella triángulo, el arranque se controla por medio de un microcontrolador. (Valencia, 2018, pág. 35)

Figura 11

Características de controlador motocicleta City Coco



Nota. Controlador de entrada y salida de voltaje

Convertidor DC-DC

La diversidad de componentes con los que cuenta una motocicleta eléctrica y la diferencia en cuanto al valor de voltaje con el que operan hace necesario un regulador de corriente en este caso el convertidor.

“Es la transformación de DC de tensión constante a DC de tensión fija o variable.

Sirve para variar la tensión que recibe una carga alimentada en continua”. (Sociedad de Técnicos de Automoción, 2011, pág. 61). Este es el encargado de reducir el voltaje de manera precisa, lo que ayuda a un mayor control del consumo energético almacenado en las baterías. El convertidor DC/DC baja la tensión de alimentación de la batería de alto voltaje, para ser utilizado por sistemas auxiliares del motor.

(Trashorras Montecelos, 2019)

Varios accesorios de la motocicleta como: luces, indicadores, están determinados para funcionar con 12V, en una motocicleta eléctrico los voltajes que se manejan son demasiados altos por lo que se implementa un convertidor DC/DC en el automóvil para reducir estos voltajes y permitir el funcionamiento adecuado

Figura 12

Convertidor DC/DC



Nota. Tomado de (Salmerón, 2015)

Componentes electrónicos de una motocicleta eléctrica

Ordenador a bordo

El ordenador a bordo ayuda en el control y verificación del buen funcionamiento del vehículo.

El ordenador a bordo es necesario para que el conductor tenga conocimiento en todo momento de cómo está funcionando cualquier parte de la motocicleta. Es básicamente un pequeño ordenador que estará conectado a todos los componentes pasando por el transformador de corriente e indicará toda información que sea necesaria como la autonomía que le queda a las baterías, la velocidad a las que se está yendo o las revoluciones por minuto a las que está el motor. (Salmerón, 2015, pág. 4)

El ordenador a bordo nos ayudará a visualizar el estado de la motocicleta, tanto como el estado de carga y demás indicadores de una motocicleta (direccionales, velocidad, etc.)

Figura 13

Ordenador



Nota. Indicador de nivel de carga de la batería

Comando de luces y encendido

El comando de luces ayuda en la seguridad vial en la hora de la conducción del vehículo, en las motocicletas suele estar colocado en un mismo manubrio.

En una motocicleta suele haber dos de estos comandos anclados cada uno a uno de los semi manillares. Son exactamente iguales al de las motocicletas de combustión, ya que únicamente son contactos que pasan corriente a los diferentes componentes a los que esté conectado. La botonera de la derecha tiene los botones de arranque y de parada del motor, y la izquierda, en cambio, sirve para controlar todas las luces de la motocicleta. (Salmerón, 2015, pág. 4)

Todo el comando de luces es aquel que ayuda a una conducción segura y una comunicación con los demás conductores, en este están las direccionales, interruptores entre otros. Las luces deben cumplir con reglamentaciones dependiendo del país y reglamentación.

El interruptor de encendido se lo realiza mediante una llave y su respectivo interruptor para realizar el paso de la energía hacia el controlador y hacia el motor eléctrico para comenzar nuestro viaje, por lo general este tipo de motocicletas cuentan con un sistema Start/Stop para un ahorro energético cuando la moto está parada.

Figura 14

Comando de luces e interruptor de encendido



Nota. Luz delantera e interruptor de encendido

Sensor de posición del acelerador

En el acelerador se usará un sensor de posición, el más común en estos casos es el sensor de efecto Hall. “El sensor Hall está diseñado en forma de una pinza, construidos a partir de materiales ferromagnéticos que al envolver el conductor por donde circula la corriente a medir confinan el flujo haciéndolo transitar por una placa semiconductor”. (Muñoz, 2009). El sensor de posición del acelerador estará ubicado en la empuñadura de la motocicleta para sacar el mejor provecho del motor eléctrico en diferentes condiciones de manejo o demografía.

Figura 15

Selector de velocidades



Nota. Acelerador y selector de velocidades

Conector y cargador

El conector de carga tiene diferentes modelos esto generalmente según el continente de fabricación de la motocicleta eléctrica. “Existen diferentes tipos de conectores en el mercado de los cuales, son tres los que más se utilizan en el sector: Mennekes, ChademO y Yazaki.” (Salmerón, 2015, pág. 82)

Figura 16

Conector Yazaki o tipo 1 y cargador de motocicleta eléctrica



Nota. Conector de carga y cargador de la motocicleta

El modelo de las tomas de carga varía entre sí generalmente en el número de bornes y la configuración de estos.

Este es el estándar que se ha instaurado en América, tiene cinco bornes, dos de corriente, uno de tierra, y otros dos, uno para la detección de la posición del coche, para que no se mueva mientras está enchufado; y otro para comunicarse con la red. El conector tiene dos niveles diferenciados, uno de carga lenta a 16A, el tipo 1, y otro para la recarga rápida a 80A el CCS combo dos, que no es más que el mismo conector en la parte superior, junto con dos bornes extra en la parte inferior para la carga rápida (Salmerón, 2015, pág. 82).

El cargador de este tipo de motocicletas suele ser de:

- Entrada: 100-240V 50/60Hz
- Salida: 67.2V/4A Máx. (City Coco, 2020)

Baterías de alta tensión

Las baterías son las encargadas de almacenar la energía de tal manera que pueda ser usada a futuro en este caso por el motor y demás componentes de la motocicleta eléctrica.

Las baterías o paquete de batería, en los vehículos híbridos y eléctricos son considerados el componente principal del sistema. En los autos híbridos, el sistema de Batería y Motor Eléctrico, complementan el motor de combustión interna. Sin embargo, en los vehículos eléctricos, la batería juega el papel principal, y su mal funcionamiento afecta la operación completa del auto. Las baterías en vehículos híbridos y eléctricos son diferentes dependiendo su origen de fabricación. Las más conocidas son las baterías de Iones de Litio. También es común la batería de Níquel-Metal (NiMH) y la batería de ácido de plomo sellada. (AutoAvance, 2020)

La misma evolución en baterías que se ha tenido en el campo automotriz puede utilizarse en las motocicletas, sólo variarán las capacidades de energía que necesitará almacenar debido al menor peso que puede cargar y que tiene una motocicleta.

Las tensiones de una batería de alta tensión de un coche eléctrico son muy variadas (125 V, 220 V, 288 V, 360 V, 385 V Y 400 V, entre otras). (Trashorras Montecelos, 2019)

Tipo de baterías según su química

El avance de la tecnología ha realizado mejoras en muchos componentes electrónicos y eléctricos, las baterías no son una excepción, el avance ha creado una gama amplia de baterías.

Existen tres tipologías de baterías, atendiendo a su composición química, cuyo desarrollo actual las hace adecuadas para alimentar el motor de un coche eléctrico: las baterías de Plomo-Ácido, las baterías de Metal-Níquel y, finalmente, las baterías de Ion-Litio. (Artés , 2012)

Como se mencionó anteriormente, existen 3 tipos de baterías principales para alimentar los motores eléctricos de los vehículos y cada una de ellas tiene características que las diferencian de las otras, haciéndolas más o menos eficientes.

a) Baterías de Plomo-Ácido

Este tipo de baterías es una de las más comunes en la actualidad, por ende, es muy fácil de conseguir y su costo no es muy elevado.

Son la opción de bajo coste, y se han utilizado durante décadas para arrancar nuestros motores de combustión. Entre sus ventajas, además del bajo coste y estandarización universal, se encuentran su buena potencia específica (W/kg), buen comportamiento en un amplio rango de temperaturas, buena retención de la carga en el tiempo y son relativamente fáciles de reciclar. Sólo pueden almacenar unos 40 Wh/kg, una densidad energética muy pobre como veremos más adelante. (Artés , 2012)

Las principales características de estas baterías son:

- Su bajo costo.
- Su voltaje promedio por celda es de 2 voltios
- Eficiencia inferior al 100%
- Tiene una baja durabilidad

Debido a la tecnología que usa un vehículo eléctrico además de las prestaciones que tiene, las baterías de plomo ácido ya no son utilizadas en este campo.

Debido a la existencia de tecnologías con características más apropiadas para el uso en vehículos, las baterías de plomo-ácido ya no se suelen utilizar en vehículos eléctricos, aunque todavía hay algún fabricante que las mantiene en alguno de sus modelos eléctricos, aprovechando su bajo coste y fácil manipulación. (Sociedad de Técnicos de Automoción, 2011, pág. 83)

Figura 17

Batería Plomo - Ácido



Nota. Tomado de (Salmerón, 2015)

b) Baterías de Níquel-Metal

Este tipo de baterías son más avanzadas en cuanto a tecnología, teniendo mejores prestaciones sin embargo tienen desventajas.

Su potencia específica es correcta, su ciclo de vida largo y no presentan problemas medioambientales, mientras que tienen un alto índice de descarga en periodos de inactividad (pierden el 30% de la carga en un mes paradas) y su coste de producción es algo elevado por incorporar tierras raras en el electrodo positivo. Sus 60 Wh/kg las hace superiores a las de Plomo-Ácido, pero las mantiene todavía a cierta distancia del Litio, que, no en vano, es el más ligero de los elementos de la tabla periódica que no es un gas a temperatura ambiente. (Artés , 2012)

Las principales características de estas baterías son:

- Tiene un costo más elevado que las Ni-Cd
- Tiene mayor capacidad de carga o una densidad de energía superior
- En estas baterías no se requiere mantenimiento
- Posee una potencia específica inferior a Ni-Cd

Figura 18*Batería Níquel - Metal*

Nota. Tomado de (Salmerón, 2015)

c) Baterías de Ion-Litio

Este tipo de baterías es una de las más actuales y muy usadas en el campo automotriz y de vehículos eléctricos.

Existen muchas variedades y sus características técnicas más importantes superan a sus dos opciones anteriores, existe otro problema con estas baterías, sin embargo, los beneficios en su voltaje, densidad energética, potencia específica, carga utilizable, eficiencia de recarga y ciclo de vida opacan estos problemas además el tiempo de su índice de descarga es mucho menor. (Artés , 2012)

Las principales características de estas baterías son:

- Tiene un voltaje por celda superior a 3.7 voltios
- Es más ligera y con una densidad energética alta
- Tiene una mayor eficiencia
- Tiene una baja auto descarga de hasta el 5%
- Tiene una alta durabilidad

Figura 19

Batería Ion - Litio



Nota. Batería ion de litio de la motocicleta

Figura 20

Características de Batería de motocicleta City Coco



Nota. Descripción de las capacidades de la batería

Ficha técnica

Cada aparato electrónico, vehículo, etc., tiene una ficha técnica “En la ficha técnica se señalan las características constructivas homologadas y transformaciones más importantes del vehículo”. (Ferrer & Checa, 2010). Cada motocicleta debe cumplir estándares de calidad los cuales se verán reflejados en la ficha técnica, estos valores o especificaciones del interior, exterior, capacidad, dimensiones, pesos y lo más importante las especificaciones técnicas del motor.

Tabla 5*Ficha Técnica*

Especificaciones modelo Citycoco	
Motor	60V - 1500W
Batería	12 Ah 60V batería de litio
Velocidad máxima	30 km/h
Carga máxima	180 kg
Llantas	18 x 9.5 pulgadas de ancho
Autonomía	20 - 70 Km por carga (en hábitos de manejo estable)
Peso	70 kg (neto) 75 Kg (en empaque)
Freno delantero y trasero	Freno de disco hidráulico
Ángulo de subida máximo	30 grados
Torque máximo	41 N.m
Distancia de frenado (seco)	1.2 m (20 Km/h)
Distancia de frenado (mojado)	3.1 m (20 Km/h)
Tiempo de carga	3 - 5 horas 110V 2A
Tamaño	196 cm largo * 76 cm ancho * 112 cm alto
Costo por carga de batería	Aproximadamente 2.9 Kw/h = 0.30 centavos de dólar americano

Nota. Tomado de (City Coco, 2020)

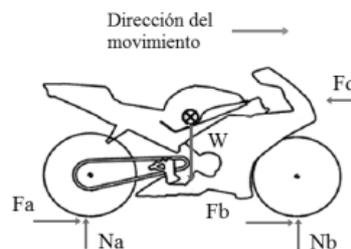
Dinámica de la motocicleta

Cada cuerpo tiene una dinámica, el entender esta dinámica ayuda a una mejor proyección del comportamiento de un cuerpo frente al movimiento.

Una forma de entender la dinámica de un sistema es mediante un modelo matemático abstracto, el cual es a través de la aplicación de leyes físicas que rigen su comportamiento, el vehículo en pendiente tendrá que cumplir con la segunda Ley de Newton que plantea que la sumatoria de fuerzas en el eje x, es igual a la masa del cuerpo en movimiento por aceleración que el vehículo eléctrico tenga. (Hoyos & Tipanluisa, 2017, pág. 31)

Figura 21

Fuerzas actuantes sobre la motocicleta eléctrica



Nota. Tomado de (Hoyos & Tipanluisa, 2017)

El tener un mejor conocimiento del comportamiento dinámico de un vehículo ayuda enormemente a la hora del cálculo de la autonomía de un vehículo. “La dinámica de los vehículos resulta importante para los cálculos del consumo energético. Desde ella, se determinan las principales fuerzas y resistencias, que intervienen en el movimiento de un vehículo.” (Vélez Loaiza & Vera Vanegas, 2016)

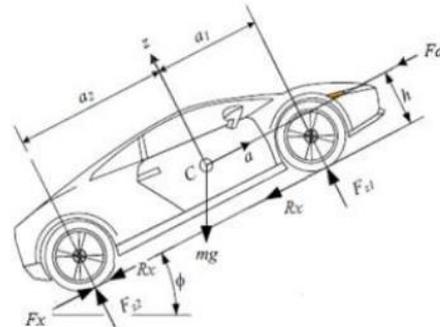
Figura 22

Dinámica del vehículo (consumo energético)

$$F_x = F_d + R_x + R_i + R_g$$

$$F_d = \frac{1}{2} C_d \rho_a A V^2 \quad R_x = f_r M g \cos \theta$$

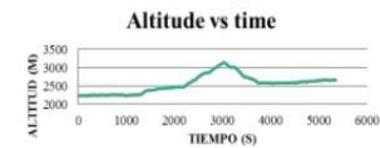
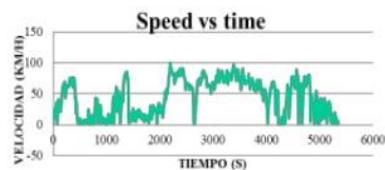
$$R_i = M a \quad R_g = M g \sin \theta$$



Ciclos de Conducción
Diagrama velocidad contra tiempo
No incluyen altitud

$$P_w = F_x * V$$

$$E = P_w * \Delta t$$



Nota. Tomado de (Cordero Moreno, 2017)

Tabla 6

Parámetros para el cálculo del consumo energético

Parámetros	Descripción	Nomenclatura
Vehículo	Área frontal del vehículo [m ²]	[A]
	Coeficiente de arrastre [-]	[cd]
	Coeficiente de resistencia a la rodadura [-]	[fr]
	Masa del vehículo [kg]	[M]
	Radio dinámico [m]	[rd]
Ambientales	Densidad del aire [kg/m ³]	[ρ]
	Gravedad [m/s ²]	[g]

Parámetros	Descripción	Nomenclatura
Operación	Aceleración [m/s ²]	[a]
	Pendiente [radianes]	[θ]
	Tiempo [s]	[t]
	Velocidad [km/h]	[V]

Nota. Tomado de (Cordero Moreno, 2017)

Ciclos de conducción homologados

El fabricante de vehículos eléctricos entrega un dato que establece la autonomía que el vehículo posee, es obtenido por medio de ciclos de conducción homologados en pruebas de laboratorio en un banco dinamométrico que imita la circulación real del vehículo.

Los ciclos son una prueba donde circulan rutas donde se registran consumos de combustible y energía eléctrica del vehículo, además tienen un protocolo a seguir donde existen velocidades, paradas, distancias a recorrer, las cuales son aplicadas por un conductor al vehículo. (Duque Sarmiento & Rocano Yunga, 2018)

El realizar pruebas es de suma importancia para realizar los cálculos y comprender el nivel máximo de autonomía o eficiencia de un vehículo eléctrico

Ciclo de conducción para vehículos eléctricos

Los ciclos de conducción ayudan a determinar el consumo de un vehículo en el caso de vehículos eléctricos ayudara a determinar la eficiencia y autonomía de este de una manera realista, Según (ACEA, 2017) el ciclo para automóviles eléctricos es:

“La Unión Europea ha desarrollado una nueva prueba denominada Procedimiento Mundial Armonizado para Ensayos de Vehículos Ligeros (WLTP, por sus siglas en inglés). La industria del automóvil europea da la bienvenida al nuevo ciclo de ensayo WLTP y ha contribuido activamente a su desarrollo.”

El ciclo WLTP será un ciclo de prueba para los nuevos vehículos eléctricos más realista y con exigencias reales para su validación en el mercado europeo. Según (Olona, 2018) ciclo WLTP tiene algunos tipos:

“Desde el momento de encender el motor, se calculan cuatro tipos de velocidad en el dinamómetro del chasis: menos de 60, menos de 80, menos de 100 y hasta 131 km/h. Durante cada una de estas variables, el vehículo se acelera y se frena”.

Una vez que se conoce los tipos de ciclos del WLTP, se escogerá el que mejor se acomode a las capacidades del vehículo que estará sometido al ciclo.

Ciclo WLTC Clase 1

Este ciclo es para vehículos de baja potencia, según (Tutuianu & Marotta, 2013) “India expresó preocupaciones sustanciales con respecto a la capacidad de conducción del ciclo de prueba para sus vehículos de baja potencia, también presentaron datos adicionales de conducción en uso especializados en vehículos de baja potencia. El ciclo para la baja potencia. Los vehículos se diseñaron en función de los datos de conducción de los vehículos con una relación potencia/masa de 35 KW/t o menos del datos adicionales y existentes”.

Los perfiles de velocidad del WLTC para vehículos de baja potencia se muestran en la siguiente figura.

Figura 23

Perfiles de velocidad del WLTC



Nota. Tomado de (Tutuianu & Marotta, 2013)

Métodos de medición

Los métodos de medición son las maneras por las cuales se puede reunir los datos necesarios para una investigación, en este caso se necesita un método de medición que ayude a medir los datos de un vehículo en movimiento, los datos que se necesitan son los de la dinámica del manejo.

Para la representación de la dinámica del manejo, éstas son las variables que se consideran para la obtención de un ciclo de conducción, como: Velocidad media (*km/h*), aceleración media (*m/s²*), entre otros (Belalcazar Luis Carlos, 2018)

Existen algunos métodos para la medición de un vehículo en movimiento de los cuales se prestó atención a dos en específico:

- *On board*

Como sus siglas lo indican es un método que se aplicara dentro del vehículo en movimiento.

Para la aplicación eficaz de esta técnica se requiere el uso de más de un conductor para poder visualizar de mejor manera el comportamiento de conducción dentro de una determinada ruta. (Qhinchimba & Solís, 2017)

Este método es el más óptimo debido a que se necesita dos conductores no solo nos ayuda a recaudar datos más reales, sino también reduce los factores que podrían influir en la toma de datos.

- *Persecución*

Como su nombre indica el método radica en la persecución del vehículo para recaudar datos.

Está técnica consiste en el uso de un vehículo “caza” y un vehículo “objetivo” en la cual el “caza” sigue al “objetivo” dentro de una ruta determinada, en donde se trata de

emular la forma de conducción del vehículo “objetivo” constituyendo así una mejor representación de manejo. (Perez & Quito, 2018)

Aunque puede ser un método con el que se tome en cuenta más factores ya que interviene un tercero, sin embargo, esto mismo aumenta el riesgo de que debido al tráfico u otros factores no se puede estar el 100% del tiempo cerca del vehículo del que se necesitan los datos.

Modelado dinámico y simulación

Existen diferentes softwares que permiten la realización del modelado de motocicletas eléctricas, como pueden ser: SolidWorks, Inventor, MATLAB / Simulink, Powertrain, System Analysis Toolkit (PSAT), Advisor, entre otros.

Para la realización de la simulación debe de tomar en cuenta factores externos e internos del vehículo eléctrico como son:

- Ciclo de conducción
- Geometría del vehículo
- Masa del vehículo
- Tipo de superficie, inclinación
- Datos climatológicos
- Componentes mecánicos y eléctricos
- Tipo de baterías

Software CAD/CAE

En la actualidad existen programas de diseño en 3D que ahorran tiempo, potencializan los diseños y ayudan a simular datos para verificar si el diseño es el adecuado.

Son herramientas informáticas que permiten llevar a cabo diversas fases de diseño (modelado, prototipado, pruebas, etc.), de una manera acelerada y con relativa facilidad. Cuando esto ocurre, se dice que tenemos un sistema de diseño asistido

por computador, es decir, un sistema CAD. Si el proceso de diseño se apoya en herramientas informáticas que permiten la fabricación de las piezas diseñadas, se habla entonces de CAM (Computer Aided Manufacturing). Cuando las herramientas informáticas se utilizan para ayudar (o sustituir) a las tareas de análisis de algunos procesos de ingeniería, se habla de CAE (Computer Aided Engineering). Ejemplos de CAE serían las herramientas capaces de calcular estructuras, analizar la durabilidad de piezas, o calcular la resistencia aerodinámica o hidrodinámica de un objeto. (Gomez, 2015)

En la figura 23 se puede visualizar la interfaz de trabajo en un software CAD/CAE.

Figura 24

Interfaz software de diseño 3D (CAD)



Nota. Componentes diseñados en SolidWorks ensamblados

Normalmente, un diseño o modelo es necesario previamente para fabricar o analizar los objetos, por lo que un sistema CAD es casi siempre necesario para realizar CAM o CAE. Es por ello que muchas veces se habla de CAD/CAM o CAD/CAE, aunque algunas veces se habla de sistemas CAD para referirse a los tres conceptos. (Gomez, 2015)

Introducción al programa SolidWorks

Uno de los programas más versátiles a la hora de diseño mecánico en SolidWorks, esto por su interfaz gráfica amigable y su amplio número de funciones.

El módulo de diseño de SolidWorks dispone de un gran potencial a la hora de diseñar ofreciendo muchas ventajas como funciones que aumentan la productividad, garantizan la exactitud, ayudan al diseñador a transmitir toda la información de diseño de forma más eficaz y ayuda a buscar los errores en el diseño (Vergara, 2011, pág. 62).

Este software permite hacer varios tipos de simulaciones a los diseños generados, pueden ser simulaciones de fluidos, cargas, entre otros.

Este software gestiona todos los aspectos del modelado y ensamblaje de piezas con el sistema de diseño en 3D proporcionando una gran diversidad de tareas que le dan versatilidad y flexibilidad. Se trata de un programa de uso diario con potentes cualidades que permiten gestionar todos los aspectos del proceso de diseño garantizando una buena calidad (Vergara, 2011, pág. 62).

Entre las funciones del SolidWorks, en lo que a diseño se refiere, destacan:

- El modelado de sólidos en 3D, con el que se convierten las ideas y conceptos en diseños virtuales 3D.
- El diseño conceptual, que permite comenzar a diseñar de forma instantánea por medio del uso de imágenes reales importadas, sencillos bocetos o datos escaneados en 3D y que permite añadir detalles mientras se va realizando el diseño.
- La edición directa del modelo, que permite modificar directamente la geometría en 3D.
- El diseño de ensamblajes grandes, permitiendo gestionar productos y sistemas de gran tamaño y complejidad.
- El diseño de superficies avanzadas, generando formas orgánicas complejas
- El diseño de chapa metálica permite generar piezas de chapa metálica de fabricación simple.

- Las piezas soldadas, permiten generar de manera sencilla soportes y bases para estructuras.
- El diseño de piezas de plástico, pudiendo crear piezas plásticas de manera sencilla.
- Las herramientas de productividad de CAD, aportando funciones especiales que ayudan a trabajar de manera más eficiente.
- La ingeniería inversa, permite usar datos escaneados en 3D generados desde diseños ya creados para facilitar la generación de nuevos productos.
- El diseño de moldes genera moldes y utillajes para producir piezas de diferentes materiales.
- El diseño de tuberías y tubos permite acabar los diseños incorporando sistemas hidráulicos o neumáticos.
- El diseño de conductos y mazos de cables eléctricos, incluyendo sistemas de control, de potencia y otros sistemas imprescindibles en el diseño. (Gamoneda, 2016, págs. 58-61)

Elementos básicos del programa SolidWorks

- *Ventanas:*

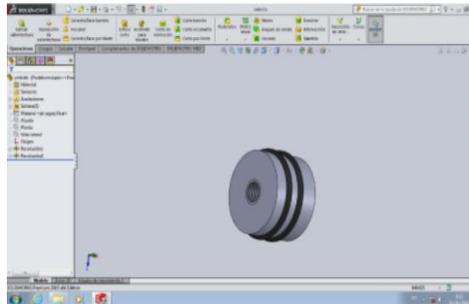
Las ventanas ayudan a visualizar de mejor manera todas las funciones y no perderse buscando alguna.

Generalmente se manejan por ventanas en la cual se puede visualizar todas las operaciones que se puede realizar y en otra el elemento que se está diseñando sea este 2D o 3D. “En este software las ventanas se componen de dos paneles, uno suministra datos no gráficos y el otro suministra una imagen de la pieza, del ensamblaje o del dibujo” (Gamoneda, 2016, págs. 58-61).

Suministra todos los datos y operaciones de una forma organizada, ahorrando tiempo y mejorando el manejo del software.

Figura 25

Pantalla estándar de SolidWorks



Nota. Tomado de (Gamoneda, 2016, págs. 58-61)

- *Barra de herramientas:*

Esta barra ayuda generalmente en el diseño 3D para tener una mejor visualización del elemento que se está diseñando.

La botonera de esta barra consiste en un conjunto de accesos directos para funciones o comandos que son de uso constante. Se puede modificar la ubicación y la visibilidad de esta barra en función del tipo de documento, ya sea pieza, ensamblaje o dibujo (Gamoneda, 2016, págs. 58-61).

El software tiene la función predeterminada de recordar cuáles son las barras de herramientas a exponer y en qué lugar exponerlas en función del tipo de documento con el que se esté trabajando.

Figura 26

Barra de herramientas de SolidWorks



Nota. Tomado de (Gamoneda, 2016, págs. 58-61)

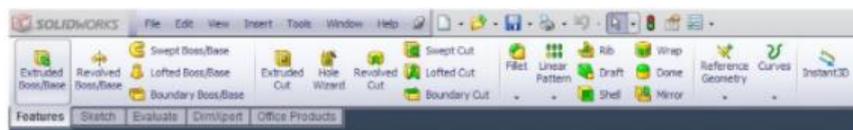
- *Command Manager*

Las herramientas son aquellos elementos que nos ayudan a realizar el diseño sea 2D o 3D, están separados por grupos según la función que esta pueda realizar.

Se trata de una barra de herramientas que cambia con el contexto y se actualiza de manera dinámica en función de cuál sea la barra de herramientas a la que se quiera acceder. Tiene barras de herramientas instaladas de forma predeterminada en función del tipo de documento. (Gamoneda, 2016, págs. 58-61)

Figura 27

Command Manager de SolidWorks



Nota. Tomado de (Gamoneda, 2016, págs. 58-61)

Método del elemento finito (FEM)

En la actualidad para generar un diseño algo se debe tener en cuenta que es para solucionar un problema, para esto existen diferentes métodos. “El Método de Elemento Finito es una técnica de análisis numérico que se emplea para obtener soluciones aproximadas de una amplia variedad de problemas que se aplican en la ingeniería” (Granda, 2004).

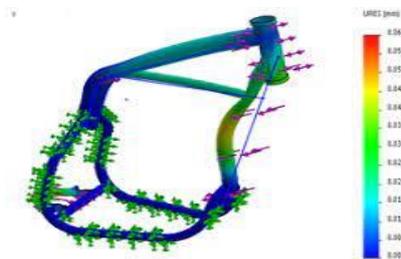
El FEM está pensado para ser usado en ordenadores y es un procedimiento numérico modelado con ecuaciones diferenciales que divide al continuo en pequeñas regiones o elementos finitos cuyo comportamiento se analiza por separado. Es un método que a través de elementos lineales planos o de volumen, conectados mediante nodos, discretiza estructuras, partes y elementos de máquinas. (Granda, 2004)

Dentro de cada elemento se distinguen una serie de puntos representativos llamados “nodos”. Dos nodos son contiguos si pertenecen al mismo elemento finito;

además, un nodo sobre la frontera de un elemento finito puede pertenecer a varios elementos. El conjunto de nodos considerando sus relaciones de proximidad se llama “malla” (Sandoval & Beaiz, 2012). Dicho método tiene gran aplicación en áreas de la ingeniería como mecánica de fluidos, análisis estructural, transferencia de calor, electromagnetismo entre otros.

Figura 28

Herramientas de análisis (CAE)



Nota. Tomado de (Solidbi, 2017)

El FEM en su origen está desarrollado básicamente para el análisis estructural pero también puede presentar:

- Fenómenos termodinámicos: Se obtiene el gradiente de temperaturas de un cuerpo.
- Simulación de efectos dinámicos: Se utiliza para casos como puede ser el choque ocasionado entre dos sólidos
- Geomecánica: Se obtiene el comportamiento de la corteza terrestre - Corriente eléctrica y electromagnetismo: Su uso está basado en la simulación de instalaciones y de instrumentos.
- Acústica: Utilizado para la simulación de los efectos de las ondas del sonido (Bonilla & Jaque, 2014, pág. 66).

Todo método tiene procesos y pasos que lo guían para que este pueda ser aplicado en una infinidad de casos. El proceso fundamental del Método de los Elementos Finitos puede ser sintetizado en las siguientes definiciones:

- Definir el dominio geométrico del problema
- El tipo de elemento que será utilizado en la discretización.
- Las propiedades de los materiales de cada elemento.
- Las propiedades geométricas de los elementos (longitud, área, etc.)
- Las conectividades de los elementos (malla de modelo).
- Las restricciones físicas del problema (condiciones de contorno).
- Las cargas aplicadas sobre el dominio. (Valero, 2004)

Si se siguen de manera adecuada los pasos antes mencionados se puede llegar a una correcta aplicación del método de elementos finitos.

Elementos finitos en SolidWorks

SolidWorks es uno de los softwares más conocidos en el diseño de elementos mecánicos 2D y 3D, no solo por su interfaz fácil de manejar, sino por el gran número de simulaciones que permite.

Este software es una herramienta, diseñada para validar el diseño, que simula las piezas y los ensamblajes por análisis de elementos finitos. Este software permite modificar la geometría del modelo tras un primer análisis y luego volver a analizarlo para observar los nuevos resultados de los cambios (Gamoneda, 2016, págs. 72-74).

Este programa ofrece la posibilidad de realizar los siguientes estudios:

- Análisis estático
- Análisis de frecuencia
- Análisis de pandeo

- Análisis térmico
- Análisis de fatiga
- Análisis de recipientes a presión

El proceso normal de validación de una pieza con SolidWorks sería el siguiente:

1. Modelado del diseño en tres dimensiones
2. Mallado del modelo creado
3. Imposición de fuerzas y restricciones en el modelo
4. Post-procesado, en este paso se realiza la simulación del método de elementos finitos obteniendo el resultado de las tensiones, desplazamientos y de las deformaciones unitarias.

- *Análisis estático*

El análisis estático es uno de los más conocidos por su posibilidad de aplicar cargas o realizar simulaciones para validar si un diseño puede cumplir las necesidades para la cual fue diseñado, ya que, si este no soporta o no aprueba el análisis estático, no habrá necesidad de realizar análisis dinámicos.

En el análisis estático se ofrece la posibilidad de saber si llega a fallar la pieza y por qué sitio empezaría a hacerlo. Las propiedades mecánicas principales que se deben tener en cuenta en este tipo de análisis son:

- *Densidad*: Varía en función de la temperatura. Se expresa en kg/m³ o g/cm³
- *Tensión*: Define la intensidad de las fuerzas aplicadas sobre la pieza por unidad de sección.
- *Tensión de Von Mises*: Se define como la tensión equivalente que se aplica sobre los elementos diferenciales. Esta tensión es comparada con la tensión límite del material.

- *Tensiones principales*: Se definen como los tres componentes principales de la tensión que son a su vez normales a las caras de un cubo. Estos componentes definen el estado tensional de la pieza.
- *Deformación unitaria*: Se define como la proporción entre el cambio de la longitud del modelo y la longitud inicial del mismo. Esta deformación es adimensional, es decir, no tiene unidades.
- *Módulo de elasticidad*: Se define como la relación entre la tensión y la deformación cuando esta es solamente en la zona elástica. Es una propiedad característica de cada material y también es denominada Módulo de Young. La deformación sufrida es elástica y cuando se retira la carga aplicada, el material vuelve a su estado inicial anterior a la aplicación del esfuerzo.
- *Límite elástico*: Se trata de la tensión máxima que es capaz de soportar un material sin llegar a conseguir una deformación permanente.
- *Tensión límite*: Es el valor de la carga para el cual el material produce el fallo.
- *Módulo de Poisson*: Se define como una relación negativa de las deformaciones laterales y axiales resultantes de la aplicación de un esfuerzo axial en el proceso de deformación elástica. El valor que suele adquirir en metales dista entre 0,25 y 0,35.
- *Factor de seguridad*: Se trata de un valor que siempre se define cuando se trata del diseño de cualquier pieza sometida a ciertas cargas. Este valor ofrece la posibilidad de sobredimensionar el modelo para que no produzca el fallo de este. Suele tener un valor comprendido entre 1 y 4.
- *Módulo cortante*: Se define como el resultado entre la tensión de cortadura de un cierto plano dividido por la deformación de una cortadura unitaria.

- *Coeficiente de dilatación térmica*: Se trata de la variación longitudinal y volumétrica que sufre una pieza como consecuencia de la separación de sus moléculas causada por un incremento de temperatura.

- *Conductividad térmica*: Se trata de una medida que relaciona la cantidad de calor transferido por unidad temporal a través de una sección cuando se da un gradiente de temperatura.

- *Capacidad calorífica*: Se trata de la energía necesaria para subir un grado centígrado la temperatura de un mol de material.

- *Calor específico*: Se trata de la energía requerida para aumentar en un grado centígrado la temperatura de una masa particular de un material (Gamoneda, 2016, págs. 72-73).

- *Cargas*

Cargas es el nombre dado a aquellos agentes externos a los que puede estar sometido el elemento que fue diseñado.

Las cargas externas y las restricciones tienen un papel fundamental a la hora de definir el entorno de servicio del modelo, ya que los resultados que se obtienen del ensayo son totalmente dependientes de estos. Las cargas y restricciones son aplicadas a partes geométricas en forma de operaciones que son asociadas de manera completa a la geometría y ajustadas de manera automática a cambios en la misma (Gamoneda, 2016, págs. 76-77).

Los existentes tipos de carga que se pueden definir en un ensayo estático son:

- *Fuerza*: Se aplican fuerzas, momentos y/o torsiones en las aristas, caras, puntos de referencia o vértices de la pieza. Se pueden crear distribuciones tanto de fuerzas uniformes como de fuerzas que no lo son.

- *Torsión*: Se puede aplicar torsión en las aristas, caras, puntos de referencia y/o vértices del modelo ensayado.

- *Presión*: Ofrece la posibilidad de aplicar una presión uniforme o variable en las caras de la pieza a analizar. Esta presión se puede utilizar a la hora de realizar análisis estáticos, de frecuencia y de pandeo.

Tipos de presión:

- Normal a la cara escogida

- Establecida mediante la selección de una entidad de referencia

- Establecida mediante la selección de una cara, arista, plano o eje para la dirección

- *Gravedad*: Se basa en la colocación de aceleraciones lineales a las piezas. Ofrece la posibilidad de ser definida en cualquier dirección por un sistema de coordenadas, una arista, una cara plana o cualquier plano de referencia.

- *Fuerza centrífuga*: Se puede colocar una carga centrífuga a un modelo o a un ensamblaje con la definición de la velocidad y la aceleración angular. Estas cargas también dependen de la densidad de la masa del modelo. Esta fuerza se puede utilizar a la hora de realizar análisis estáticos, de frecuencia, de pandeo o no lineales.

- *Carga de apoyo en rodamientos*: Ofrece la posibilidad de definir las cargas que se fijan en los rodamientos, para poder usarlas se deben escoger caras cilíndricas y de contacto dónde está montado el rodamiento. El software predetermina una distribución sinusoidal o parabólica.

- *Masa distribuida*: Este tipo de carga es utilizada para determinar la masa que una o varias partes pueden realizar sobre las caras escogidas de otro sin la necesidad de tener que incluir en el modelo, sino solamente el efecto de dicha masa cuando esta

pueda plantearse como uniformemente distribuida en las caras escogidas (Gamonedá, 2016, pág. 77).

Aplicación de materiales, cargas y soportes

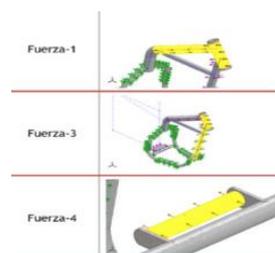
En el diseño de un elemento y a la hora de la simulación se debe tener en cuenta la mayor cantidad de factores que pueda hacer que la simulación sea lo más cercana a la realidad, esto incluye, cargas, material del elemento, puntos fijos, etc.

En el proceso de elaboración de las simulaciones se elige el material especificado a todo el cuerpo geométrico para luego aplicar las cargas y soportes en los puntos calculados anteriormente mediante los resultados del análisis estático, se utiliza el sistema de cargas puntuales, en lugares estratégicos del chasis, donde se generan las mayores localidades de esfuerzos (Remache & Leguisamo, 2019, págs. 8-9).

Se muestra el sistema de coordenadas, y la aplicación de fuerzas verticales y transversales, así como los puntos fijos, en puntos específicos del bastidor donde se efectuará el análisis.

Figura 29

Aplicación de fuerzas verticales y transversales



Nota. Tomado de (Remache & Leguisamo, 2019, págs. 8-9)

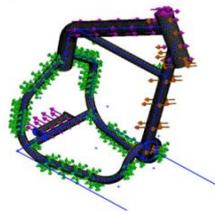
Selección de mallado

Otro factor o requisito para realizar la simulación es el mallado que tendrá el elemento. “Debido a que la convergencia de la solución depende de la calidad de la malla, es necesario hacer un buen uso de las herramientas de mallado y evitar problemas con el

peso computacional" (Álvarez & Benito, 2016). Para el criterio de mallado y generación de elementos de discretización del dominio a través de esta geometría, se utiliza un mallado triangular fino, esto garantiza la obtención de datos lo suficientemente precisos para el análisis posterior

Figura 30

Configuración general del mallado



Nota. Tomado de (Remache & Leguisamo, 2019, págs. 8-9)

Simulación electrónica

Matlab y Simulink

Matlab es un programa de gran aceptación en ingeniería destinado a realizar cálculos técnicos científicos y de propósito general. En él se integran operaciones de cálculo, visualización y programación, donde la interacción con el usuario emplea una notación matemática clásica. (Aracil & Gómez, 2006)

Los usos y aplicaciones típicos de Matlab son:

- Matemáticas y cálculo.
- Desarrollo de algoritmos.
- Adquisición de datos.
- Modelado, simulación y prototipado.
- Análisis y procesamiento de datos.
- Gráficos científicos y de ingeniería.
- Desarrollo de aplicaciones. (Aracil & Gómez, 2006)

Simulink

Simulink es una de las funciones de Matlab que ayuda a simular modelos matemáticos, y obtener gráficas que pueden ser comparadas con otras de una manera eficiente.

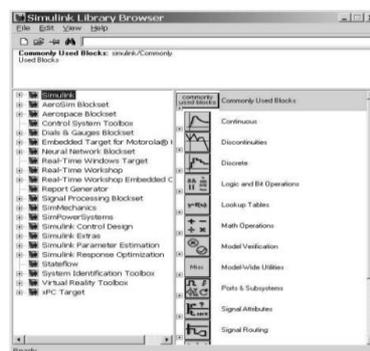
Simulink es una aplicación que permite construir y simular modelos de sistemas físicos y sistemas de control mediante diagramas de bloques. El comportamiento de dichos sistemas se define mediante funciones de transferencia, operaciones matemáticas, elementos de Matlab y señales predefinidas de todo tipo. Simulink dispone de una serie de utilidades que facilitan la visualización, análisis y guardado de los resultados de simulación. Simulink se emplea profusamente en ingeniería de control. (Aracil & Gómez, 2006)

Uso de simulink

La manera de ingresar a la opción de simulink es muy sencilla para esto, “En primer lugar, lanzaremos la aplicación escribiendo simulink en la línea de comandos de Matlab, o abriendo desde el Explorador de Windows cualquier fichero con extensión, mdl. En el primero de los casos se abrirá la ventana de la figura 26”. (Aracil & Gómez, 2006)

Figura 31

Ventana navegación de bloques de Simulink (Simulink Library Browser).



Nota. Tomado de (Aracil & Gómez, 2006)

Matlab cuenta con una amplia cantidad de librerías, por esta razón lo hace un software eficiente en la hora de programación o modelos matemáticos y sus simulaciones.

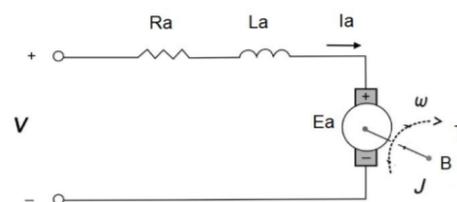
La ventana inicial no está destinada a crear modelos de simulación; su función principal consiste en navegar por la enorme librería de bloques disponibles para el modelado. En ella distinguimos dos partes: la izquierda contiene una visión en forma de árbol de todos los Toolboxes instalados que contienen bloques Simulink. La amplitud de este árbol dependerá de las opciones que hayamos activado al seleccionar Matlab. De todos los nodos del árbol nos interesan, de momento, los denominados Simulink y Control System Toolbox. Cabe mencionar, además, por su interés, los bloques Real Time Workshop destinados a generar automáticamente código de control para determinadas plataformas Hardware comerciales. La parte derecha de la ventana de la figura 6 muestra los bloques Simulink contenidos en el Toolbox o nodo de la parte izquierda de la ventana. Estos bloques se deben arrastrar sobre el espacio de trabajo de Simulink para la creación de modelo a simular. (Aracil & Gómez, 2006)

Modelado

Antes de realizar la simulación en Matlab simulink se debe realizar el modelado electromecánico de lo que se desea modelar, principalmente del motor que en este caso es un motor de corriente directa

Figura 32

Modelo electromecánico de un motor DC



Nota. Tomado de (Vázquez, 2017)

Una vez que se tiene el modelo electromecánico del motor se procede a encontrar las ecuaciones las cuales serán simuladas en Matlab simulink, en este caso obedece las siguientes ecuaciones.

Se inicia con el modelo de circuito eléctrico-mecánico mostrado en la Figura 29. Si se aplica el análisis de mallas a la parte eléctrica del diagrama de la Figura 1 se cumple la ecuación Ec.1. (Vázquez, 2017)

$$v_{(t)} = R_a i_a(t) + L_a \frac{di_a(t)}{dt} + E_a(t) \quad \text{Ecuación (1)}$$

donde:

R: constante de resistencia en serie (Ohm)

L= inductancia de la bobina de armadura (H)

v= fuente de alimentación (volt)

$E_a(t)$ = Fuerza contraelectromotriz (volt)

La ecuación de la sección mecánica del modelo del motor es la ecuación Ec.2

$$T_m(t) = J \frac{dw}{dt} + Bw(t) \quad \text{Ecuación (2)}$$

donde:

$T_m(t)$ = torque del motor de corriente continua (N.m)

B = es el coeficiente de fricción equivalente al motor de corriente continua y a la carga montada sobre los ejes del motor.

J = momento de inercia total del rotor (kg.m²)

$w(t)$ = velocidad angular del motor (rad/s)

$dw(t)/dt$ = aceleración angular del motor (rad/s²)

Se proponen relaciones que permiten la interacción de las ecuaciones Ec.1 y Ec.2.

una de dichas relaciones propuestas es asumir que existe una relación proporcional

entre el voltaje inducido en la armadura y la velocidad angular de giro del motor, esto se expresa en la ecuación Ec.3 (Vázquez, 2017)

$$E_a(t) = K_a w(t) \quad \text{Ecuación (3)}$$

donde:

K_a =constante contraelectromotriz (v/rad*s)

La siguiente relación mecánica-eléctrica establece que el torque mecánico es proporcional a la corriente eléctrica. Esto se aprecia en la ecuación Ec.4.

$$T_m(t) = K_m i_a(t) \quad \text{Ecuación (4)}$$

donde:

K_m = constante de torque (Nm/A)

Ya se cuenta con un conjunto de ecuaciones que permiten obtener una serie de funciones de transferencia muy útiles. Se inicia por obtener la transformada de Laplace de las ecuaciones Ec.1-Ec.4. (Vázquez, 2017)

$$V(s) = R_a i_a(s) + L_a s I_a(s) + E_a(s) \quad \text{Ecuación (5)}$$

$$T_m(s) = J S w(s) + B w(s) \quad \text{Ecuación (6)}$$

$$E_a(s) = K_a w(s) \quad \text{Ecuación (7)}$$

$$T_m(s) = K_m i_a(s) \quad \text{Ecuación (8)}$$

Sustituyendo Ec.7 y Ec.8 en Ec.5 se puede obtener Ec.9

$$V(s) = (R_a + L_a s)T_m(s)/K_m + K_a w(s) \quad \text{Ecuación (9)}$$

De la ecuación Ec.6 se puede despejar la función de la frecuencia angular $w(s) = T_m(s)/(Js + B)$ y sustituyendo en Ec.9 se obtienen las siguientes ecuaciones: (Vázquez, 2017)

$$V(s) = (R_a + L_a s)T_m(s)/K_m + K_a T_m(s)/(Js + B) \quad \text{Ecuación (10)}$$

$$V(s) = \left(\frac{R_a + L_a s}{K_m} + \frac{K_a}{(Js + B)} \right) T_m(s) \quad \text{Ecuación (10)}$$

Finalmente, la ecuación Ec.10 adquiere la forma de la función de transferencia Ec.11.

$$\frac{T_m(s)}{V(s)} = \frac{K_m Js + K_m B}{L_a Js^2 + (R_a J + L_a B)S + R_a B + K_m K_a} \quad \text{Ecuación (11)}$$

De la manera como se ha desarrollado la ecuación Ec.11. Es posible obtener funciones de transferencia mostradas en Ec.12-Ec.14. (Vázquez, 2017)

$$\frac{E_a(s)}{V(s)} = \frac{K_a K_m}{L_a Js^2 + (R_a J + L_a B)S + R_a B + K_m K_a} \quad \text{Ecuación (12)}$$

$$\frac{I_a(s)}{V(s)} = \frac{Js + B}{L_a Js^2 + (R_a J + L_a B)S + R_a B + K_m K_a} \quad \text{Ecuación (13)}$$

$$\frac{w(s)}{V(s)} = \frac{K_m}{L_a Js^2 + (R_a J + L_a B)S + R_a B + K_m K_a} \quad \text{Ecuación (14)}$$

De las ecuaciones Ec.11 a Ec.14 en el estado estable adquieren la forma presentada por las ecuaciones Ec.15- Ec.18 (Vázquez, 2017)

$$\frac{T_m(s)}{V(s)} = \frac{K_m B}{R_a B + K_m K_a} \quad \text{Ecuación (15)}$$

$$\frac{E_a(s)}{V(s)} = \frac{K_a K_m}{R_a B + K_m K_a} \quad \text{Ecuación (16)}$$

$$\frac{I_a(s)}{V(s)} = \frac{B}{R_a B + K_m K_a} \quad \text{Ecuación (17)}$$

$$\frac{w(s)}{V(s)} = \frac{K_m}{R_a B + K_m K_a} \quad \text{Ecuación (18)}$$

Una vez que tenemos las ecuaciones a modelar se procede a hallar los factores o valores que serán introducidos en el modelo matemático, para esto se deben realizar mediciones de acuerdo, estas variarán de acuerdo con el motor.

Se procede a introducir estas ecuaciones en Matlab simulink, como resultado de esto queda un gráfico parecido a la figura 30

Figura 33

Diagramas de bloques en simulink

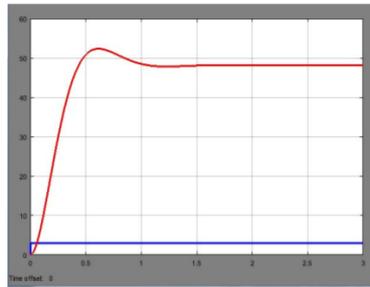


Nota. Tomado de (Vázquez, 2017)

Por último, se procede a la simulación y comparación de datos, estas gráficas tendrán la misma forma que la figura 34.

Figura 34

Gráfica de la función de transferencia de la velocidad angular vs voltaje de entrada



Nota. Tomado de (Vázquez, 2017)

Capítulo III

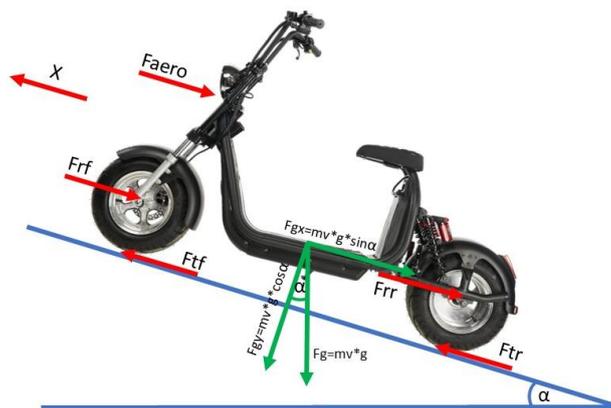
Determinación de Componentes, Parámetros Eléctricos, Simulación Mecánica y Eléctrica

Modelo matemático de la motocicleta

En la siguiente figura se determinan las fuerzas relacionadas al análisis dinámico de la motocicleta. En esta se identifican fuerzas en los extremos de las ruedas, fuerza de tracción “Ftr” y “Frr” para este análisis se desprecia la fuerza de tracción delantera “Ftf” ya que la motocicleta como tal posee tracción trasera.

Figura 35

Cargas actuantes sobre la moto



Nota. Diagrama de fuerzas

De esta se obtiene la ecuación dinámica que describe el diagrama del sistema de la motocicleta

$$m_v * x = (F_{tf} + F_{tr}) - (F_{rf} + F_{rr} + F_{aero} + F_g) \quad \text{Ecuación (19)}$$

Donde:

m_v : masa del vehículo (motocicleta)

x : aceleración longitudinal

F_{tf} : fuerza de tracción delantera (no se considera)

F_{tr} : fuerza de tracción trasera

F_{rf} : fuerza de rodamiento trasera

F_{rr} : fuerza de rodamiento trasera

F_{aero} : fuerza aerodinámica

F_g : fuerza originada por la gravedad

Fuerza aerodinámica

La fuerza que se experimenta en la motocicleta conocida como aerodinámica se debe a la presencia de la diferencia de presiones y fricción viscosa.

Al tener un movimiento la motocicleta a través del aire, la parte trasera de este empuja las capas de aire y de esta manera crea una zona de elevadas presiones, y en el mismo instante la zona posterior de la motocicleta crea una zona de bajas presiones. Esta diferencia de presiones es la que crea una fuerza la cual se opone al desplazamiento de la motocicleta.

La fuerza aerodinámica va a depender de muchos factores entre estos de la forma del vehículo que se mueve a través del aire y su ecuación se representa de la siguiente manera:

$$F_{aero} = \frac{1}{2} * \rho * A * C_d (x + V_{viento})^2 \quad \text{Ecuación (20)}$$

Donde:

ρ : es la densidad del aire

A : es el área frontal del vehículo

C_d : Constante aerodinámica

x : velocidad lineal del vehículo

V_{viento} : velocidad del viento

Datos:

$$\rho = 1185 \frac{kg}{m^3} \text{ (densidad del aire en la ciudad de Latacunga)}$$

$$A = 76 * 112 \text{ cm}$$

$C_d = 0.6$ (definido para motocicletas y camiones)

$$x = 30 \frac{km}{h} \text{ (velocidad máxima)}$$

$$v_{viento} = 2 \frac{km}{h} \text{ (en un ambiente calmado)}$$

$$A = 8512 \text{ cm}^2 * \frac{1m^2}{100 \text{ cm}^2} = 0.8512m^2$$

$$x = 30 \frac{km}{h} * \frac{1000m}{1 \text{ km}} * \frac{1h}{3600 \text{ s}} = 8.3333 \frac{m}{s}$$

$$F_{aerodinamica} = \frac{1}{2} \left(1.185 \frac{kg}{m^3} \right) * 0.8512 \text{ m}^2 * 0.6 * (8.3333)^2 \frac{m^2}{s^2}$$

$$F_{aerodinamica} = 20.99 \frac{kgm}{s^2} = 20.99 \text{ N}$$

Fuerza de resistencia a la rodadura

La fuerza de resistencia a la rodadura en el momento que la motocicleta se encuentra para tiene un valor de 0 caso contrario si esta se encuentra en movimiento se puede calcular con el producto del coeficiente a la rodadura con la fuerza normal entre la motocicleta y la carretera. Se dice que la resistencia a la rodadura es relativamente independiente de la velocidad y se puede calcular con la siguiente fórmula.

$$F_{roll} = C_{rr} * m_{veh} * g$$

Ecuación (21)

Donde:

C_{rr} : coeficiente a la resistencia a la rodadura

F_{roll} : fuerza de resistencia a la rodadura

m_{veh} : masa del vehículo

g : gravedad

Datos:

C_{rr} : 0.03 (coeficiente para asfalto y adoquinado)

m_{veh} : 70 kg (masa de la motocicleta)

g : $9.81 \frac{m}{s^2}$

$$F_{roll} = (0.03)(70 \text{ kg})(9.81 \frac{m}{s^2})$$

$$F_{roll} = 20.60 \frac{kgm}{s^2} = 20.60 \text{ N}$$

Fuerza de tracción

La fuerza de tracción de las ruedas depende de un coeficiente de adhesión conocida como “ μ ” y de la fuerza normal de la motocicleta. El coeficiente de adhesión se determina por el tipo y las condiciones de terreno y el deslizamiento del neumático. Y se puede calcular a la fuerza de tracción con la siguiente fórmula:

$$F_{tracción} = \mu * m_{veh} * g \quad \text{Ecuación (22)}$$

$$F_{tracción} = \mu * m_{veh} * g$$

Donde:

$\mu = \text{Coef. adhesión}$

m_{veh} : masa del vehículo

g : gravedad

Datos:

μ : 0.85 (para asfalto)

m_{veh} : 70 kg (masa de la motocicleta)

g : $9.81 \frac{m}{s^2}$

$$F_{tracción} = (0.85) * (70 \text{ kg}) * (9.81 \frac{m}{s^2})$$

$$F_{tracción} = 586.075 \text{ N}$$

Fuerza Neta

Una vez identificada la fuerza de tracción y todas las fuerzas de resistencia de conducción presentes en la motocicleta se puede calcular la fuerza neta total en dirección longitudinal y se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$F_{neta} = F_{tracción} - F_{aerodinamica} - F_{roll} \quad \text{Ecuación (23)}$$

$$F_{neta} = 586.075 \text{ N} - 20.99 \text{ N} - 20.60 \text{ N}$$

$$F_{net} = 544.425 \text{ N}$$

Cálculo de torque y potencia para mover la motocicleta del reposo

Para el cálculo de la potencia y torque que necesita el motor se debe tomar en cuenta las condiciones de manejo, así como la fuerza de empuje la cual se calcula con la siguiente formula.

$$F_{roll} = F_{emp} = C_{rr} * N$$

$$NF = m_{max} * g$$

$$F_{emp} = C_{rr} * m_{max} * g \quad \text{Ecuación (24)}$$

Donde:

F_{emp} : es la fuerza de empuje para mover la motocicleta del reposo

C_{rr} : coeficiente a la resistencia a la rodadura

m_{max} : carga máxima de la motocicleta

g : gravedad

Datos:

C_{rr} : 0.03 (coeficiente para asfalto y adoquinado)

m_{max} : 180 kg

g : $9.81 \frac{m}{s^2}$

$$F = (0.03)(180 \text{ kg})(9.81 \frac{m}{s^2})$$

$$F = 52.974 \text{ N}$$

Cálculo para el torque necesario

Para el cálculo del torque necesario para mover la motocicleta se considera varios aspectos como la fuerza de empuje antes calculada y el radio del neumático de la motocicleta y se calcula con la siguiente formula:

$$Tn = r * F_{empuje}$$

Ecuación (25)

Donde:

Tn : torque necesario

r : radio del neumático

F_{empuje} : fuerza de empuje

Datos:

$r: 0.229 \text{ m}$

$F_{empuje}: 52.974 \text{ N}$

$$Tn = (0.229 \text{ m})(52.974 \text{ N}) \rightarrow Tn = 12.13 \text{ Nm}$$

Cálculo de la potencia requerida

Para el cálculo de la potencia se toma en cuenta factores como la velocidad máxima entregada por la motocicleta y la fuerza de empuje y se calcula con la siguiente formula.

$$P_{nec} = F_{empuje} * v_{max} \quad \text{Ecuación (26)}$$

Donde:

P_{nec} : potencia necesaria

F_{empuje} : fuerza de empuje

v_{max} : velocidad máxima

Datos:

$F_{empuje}: 52.974 \text{ N}$

$v_{max}: 30 \frac{\text{km}}{\text{h}}$

$$P_{nec} = (52.974 \text{ N}) \left(8.3333 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

$$P_{nec} = 441.44 \text{ W}$$

Cálculo de la velocidad angular

Para calcular la velocidad angular se necesita identificar valores como la velocidad máxima entregada por la motocicleta, así como el radio del neumático de este y se utiliza la siguiente formula:

$$\omega = \frac{v_{max}}{r} \quad \text{Ecuación (27)}$$

Donde:

ω : velocidad angular

v_{max} : velocidad máxima

r : radio del neumático

Datos:

$$v_{max}: 8.3333 \frac{m}{s}$$

$$r: 0.229 \text{ m}$$

$$\omega = \frac{8.3333 \frac{m}{s}}{0.229 \text{ m}}$$

$$\omega = 36.388 \frac{rad}{s}$$

$$\omega_{rpm} = \frac{\omega(60)}{2\pi} = 347.485 \text{ rpm}$$

Cálculo del torque máximo

Para el cálculo del torque máximo se necesita considera la velocidad angular máxima entregada por la motocicleta, así como la potencia entregada por el motor y se calcula con la siguiente formula.

$$T_{max} = \frac{P_{max}}{\omega}$$

Ecuación (28)

Donde:

T_{max} : torque máximo

P_{max} : potencia entregada por la motocicleta

ω : velocidad angular

Datos:

P_{max} : 1500 W (potencia del motor)

$$\omega = 36.388 \frac{rad}{s}$$

$$T_{max} = \frac{1500 W}{36.388 \frac{rad}{s}}$$

$$T_{max} = 41.22 Nm$$

Cargas en aceleración máxima

Para este apartado se analizarán las cargas o fuerzas actuantes sobre la moto en una condición de aceleración máxima. Se establece una F_a que será la fuerza de aceleración aplicada sobre la rueda trasera, que es la de tracción. Habrá dos fuerzas normales opuestas al peso, F_1 y F_2 . Dado que el instante de la aceleración máxima tiende a hacer que se levante la rueda frontal, se considerará la fuerza $F_1 = 0$. Interviene de igual manera una fuerza de inercia F_i producida por la masa en reposo y que evidentemente será opuesta a F_a .

Figura 36

Fuerzas actuantes en el instante de aceleración máxima



Nota. Diagrama de fuerzas en el momento de aceleración máxima

Tomando la carga máxima de 180 Kg especificada por el fabricante tenemos:

$$P = F_2 \quad \text{Ecuación (29)}$$

$$F_2 = m * g = 180 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1765.8 \text{ N}$$

Entonces, utilizando un coeficiente de rozamiento entre el neumático y asfalto $\mu = 0.85$ se tiene:

$$F_a = F_2 * \mu = 1765.8 \text{ N} * 0.85 = 1500.9 \text{ N}$$

$$F_i = F_a = 1500.9 \text{ N}$$

Cargas en frenada máxima

Se analizan dos condiciones de frenada máxima, una solamente con la rueda delantera y otra con la rueda trasera.

Frenada máxima con la rueda delantera

Durante la frenada máxima con la rueda delantera se presentará una fuerza F_{fre} en esta rueda, y se va a tender a levantar la rueda trasera en este instante por causa de la fuerza de inercia que se opone a la F_{fre} . Por tal motivo la $F_2 = 0$.

Figura 37

Cargas actuantes durante el frenado con rueda delantera



Nota. Diagrama de fuerzas generadas de la rueda delantera en el momento de frenado

$$P = F_1 \quad \text{Ecuación (30)}$$

$$F_1 = m * g = 180 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1765.8 \text{ N}$$

$$F_{fre} = F_1 * \mu = 1765.8 \text{ N} * 0.85 = 1500.9 \text{ N}$$

$$F_i = F_{fre} = 1500.9 \text{ N}$$

Frenada máxima con la rueda trasera

Durante la frenada máxima con la rueda trasera se presentará una fuerza F_{fre} en esta rueda. Se podría tomar como que las reacciones F_1 y F_2 en este caso serían igual la mitad del peso, pero debido a la distribución o variación del reparto del peso tomaremos como un coeficiente de $0.7p$ para la rueda trasera.

Figura 38

Cargas actuantes durante el frenado con rueda trasera



Nota. Diagrama de fuerzas generadas en el momento de frenado en la rueda trasera

Entonces:

$$F_2 = 0,7P \quad ; \quad F_1 = 0.3P \quad \text{Ecuación (31)}$$

$$F_1 = 0.3 \left(180 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) = 529.74 \text{ N}$$

$$F_2 = 0.7 \left(180 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) = 1236.06 \text{ N}$$

$$F_{fre} = F_2 * \mu = 1236.06 \text{ N} * 0.85 = 1050.65 \text{ N}$$

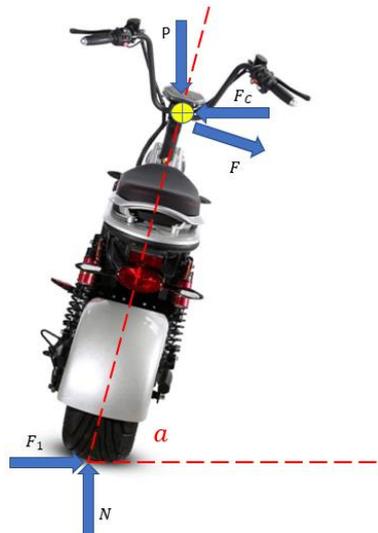
$$F_i = F_{fre} = 1050.65 \text{ N}$$

Paso por curva

Se propondrá un ángulo de inclinación $\alpha = 20^\circ$, que funcionará como dato de partida, este ángulo claramente será menor que el que se pudiera dar en una moto de combustión interna de alta velocidad. Se considera que no existe fuerzas de aceleración ni frenada y que la fuerza F_1 de agarre del neumático se opondrá a la fuerza centrífuga producto de la toma de la curva. Para los datos de la curva se tomará un giro básico de 90° y 100 m de radio a la velocidad de 30 Km/h.

Figura 39

Cargas durante el paso por curva



Nota. Cargas generadas en el momento de una curva

Entonces, mediante la siguiente fórmula calculamos F_c

$$F_c = m * \omega^2 * r = m * \left(\frac{v}{r}\right)^2 * r \quad \text{Ecuación (32)}$$

$$F_c = 180 \text{ kg} * \left(\frac{\left(30 \frac{\text{km}}{\text{h}} * \frac{1 \text{h}}{3600 \text{s}} * \frac{1000 \text{m}}{1 \text{km}}\right)^2}{100 \text{ m}}\right) * 100 = 125 \text{ N}$$

Calculando el resto de las fuerzas se obtiene:

$$P = N = m * g = 180 \text{ kg} * 9.81 = 1765.8 \text{ N}$$

$$F = P * \cos a - F_c * \cos a$$

$$F = \cos a (P - F_c) = \cos 20^\circ * (1765.8 - 125) = 1541.85 \text{ N}$$

Cálculo de capacidad de carga (autonomía mínima)

La autonomía que se calcula para el sistema se define mediante la utilización de la siguiente formula:

$$Cap_{carg} = \frac{V_{bat} * A_{bat} * v_{max}}{P_{max}} \quad \text{Ecuación (33)}$$

Donde:

Cap_{carg} : es la capacidad de carga

V_{bat} : voltaje de la batería

A_{bat} : amperaje de la batería

v_{max} : velocidad máxima entregada por la motocicleta

P_{max} : potencia máxima entregada por el motor

Datos:

V_{bat} : 66 Vdc

A_{bat} : 12 Ah

v_{max} : 30 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$

$$P_{max}: 1500 W$$

$$Cap_{carg} = \frac{66 Vdc * 12 Ah * 30 \frac{km}{h}}{1500 W}$$

$$Cap_{carg} = 15.84 km$$

Cálculo de la autonomía de batería

Para el cálculo de la autonomía de la batería se considera la potencia que emite el motor eléctrico y un voltaje en plena carga juntamente con la intensidad que entrega la misma y se calcula con las siguientes formulas:

$$I = \frac{P_{max}}{V_{bat}} \quad \text{Ecuación (34)}$$

Donde:

I : intensidad entregada por la batería.

V_{bat} : voltaje de la batería

P_{max} : potencia máxima entregada por el motor

Datos:

$$V_{bat}: 66 Vdc$$

$$P_{max}: 1500 W$$

$$I = \frac{P_{max}}{V_{bat}}$$

$$I = \frac{1500W}{66 Vdc}$$

$$I = 22.727 A$$

Con este dato obtenido se puede calcular el tiempo de duración de la batería para lo cual se utiliza la siguiente formula:

$$t = \frac{Cap_{carg}}{I}$$

Ecuación (35)

Donde:

t : tiempo de duración de la batería

Cap_{carg} : capacidad de carga

I : intensidad de la batería

$$t = \frac{15.84 \text{ km}}{22.727 \text{ A}}$$

$$t = \frac{15.84 \text{ km}}{22.727 \text{ A}}$$

$$t = 0.696 \text{ horas} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}}$$

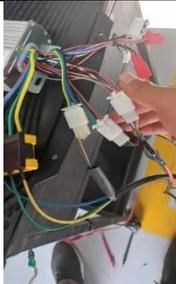
$$t = 41.81 \approx 41 \text{ mins}$$

Proceso de desarmado de la motocicleta eléctrica City Coco

Tabla 7

Procedimiento desarmado Moto eléctrica City Coco

PASO	PROCEDIMIENTO	GRÁFICO
1	Revisar la motocicleta eléctrica de tal manera que se pueda visualizar e identificar todos los posibles componentes que se puedan retirar de su lugar sin comprometer el funcionamiento de esta	
2	Se procede a retirar la cubierta protectora de la base de la motocicleta, retirando un número determinado de tornillos (hexagonales). Se retira la base de esta ya que se encuentran sujetas con los mismos tornillos.	

PASO	PROCEDIMIENTO	GRÁFICO
3	<p>Se procede a desenchufar todos los sockets y conectores del sistema eléctrico, es importante realizar un análisis previo para no confundirse en la conexión de estos.</p> <p>Se retiran los cables desconectados por los puertos establecidos por el diseño de la motocicleta</p>	
4	<p>Se retira el controlador y la batería de la base, las cuales se encuentran pegadas con un pegamiento especial o en su defecto con una cinta doble cara. (retirar aplicando calor con la herramienta adecuada y así no comprometer la estructura del controlador y la batería)</p> <p>Separar y guardar los elementos para su respectivo análisis de funcionamiento.</p>	
5	<p>Retirar la fibra protectora de los cables que llegan al panel de control y los mandos en el manubrio con un proceso de desenroscado.</p>	
6	<p>Retirar el panel de control (2 tornillos en la parte inferior) con la ayuda de la llave hexagonal que viene en la herramienta de la motocicleta.</p> <p>Separar y guardar los elementos para su respectivo análisis de funcionamiento.</p>	
7	<p>Retirar los mandos del manubrio (acelerador y sirena) con la ayuda de una llave hexagonal # 2 desenroscando un pasador que se encuentra en la parte inferior de los mandos</p> <p>Separar y guardar los elementos para su respectivo análisis de funcionamiento.</p>	

PASO	PROCEDIMIENTO	GRÁFICO
8	<p>Retirar los frenos (mandos) con la ayuda de una llave #8 quitando los pernos que se encuentran en la parte trasera de estos.</p> <p>Para retirar las mordazas de los frenos de los neumáticos se necesita la ayuda de una llave #10 quitando 2 pernos que se encuentran sujetos a una chapa ubicada en la estructura de la motocicleta</p> <p>Separar y guardar los elementos para su respectivo análisis de funcionamiento.</p>	
9	<p>Retirar el manubrio de la motocicleta (4 torillos en la Parte superior) con la ayuda de la llave hexagonal que viene en las herramientas de la motocicleta</p> <p>Separar y guardar los elementos para su respectivo análisis de funcionamiento.</p>	
10	<p>Retirar el asiento del piloto (4 torillos en la Parte superior) con la ayuda de la llave hexagonal que viene en las herramientas de la motocicleta</p>	
11	<p>Para retirar el neumático frontal se necesita de herramienta especial (dado hexagonal #14 y #17) ya que es un eje ajustando con una tuerca de presión de un lado.</p> <p>Tener precaución ya que viene con 2 bocines que ayudan a proteger el eje delantero.</p>	
12	<p>Para retirar el neumático posterior (motor) se necesita de la ayuda de una llave hexagonal #10 ya que va sujeta a 2 tornillos que cumplen la función de eje para sujetar el neumático con la estructura metálica de la motocicleta.</p> <p>Separar y guardar los elementos para su respectivo análisis de funcionamiento.</p>	

PASO	PROCEDIMIENTO	GRÁFICO
13	Retirar los guardapolvos de los neumáticos (2 tornillos en cada lado) con la ayuda de la llave hexagonal que viene en la herramienta de la motocicleta. Tener precaución ya que al ser de plásticos estos pueden llegar a romperse	

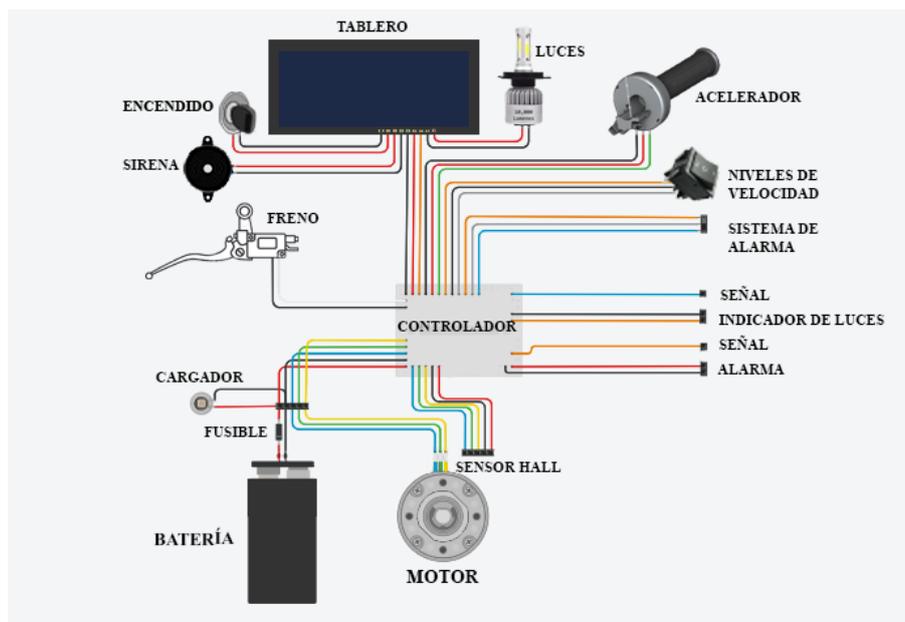
Nota. Proceso de desarmado y armado de la motocicleta

Diagrama del circuito eléctrico

El sistema eléctrico que conforman las motocicletas eléctricas puede variar dependiendo de varios factores como el tipo y modelo de controlador, numero de accesorios disponibles, potencia del motor y marca de la motocicleta, para lo cual específicamente para el modelo de la City Coco de 1500 w se obtiene el siguiente diagrama eléctrico.

Figura 40

Esquema circuito eléctrico



Nota. Diagrama eléctrico de la motocicleta

Mediciones del sistema eléctrico

A través de un osciloscopio Hantek 1008c se obtuvieron gráficas de las señales de los sensores, así como valores de voltaje de los diferentes elementos eléctricos, y se describen a continuación.

Cargador de batería

Figura 41

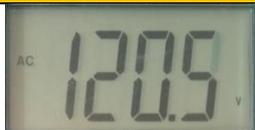
Cargador de batería



Nota. Cargador de la motocicleta

Tabla 8

Voltajes de funcionamiento del cargador de batería

ITEM	MEDICIÓN	IMAGEN
VOLTAJE DE ENTRADA	120.5 V (Ac)	
VOLTAJE DE SALIDA	67.7 V (Dc)	

Nota. Voltajes de entrada y salida del cargador

Batería

Figura 42

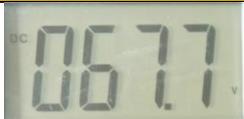
Batería



Nota. Batería de ion – litio de la motocicleta

Tabla 9

Voltajes de funcionamiento de la batería

ITEM	MEDICIÓN	IMAGEN
VOLTAJE DE CARGA	67.7 V (Dc)	
VOLTAJE 100% DE CARGA	66 V (Dc)	
GRÁFICA		
		

Nota. Voltaje de entrada hacia la batería, de carga completa y gráfica de la señal de entrada

A medida que se va usando la batería se produce un descenso en el voltaje de esta, como se puede observar en la gráfica del osciloscopio (64.1V).

Tablero

Figura 43

Tablero



Nota. Tablero, indicador del nivel de batería

Tabla 10

Voltajes de funcionamiento del tablero

ITEM	MEDICIÓN			IMAGEN
	COLOR	ON	OFF	
TERMINAL DE PANEL		ON	OFF	
		GND	GND	
		66 V	66 V	
		DC	DC	
VOLTAJE DE ENTRADA SIRENA		ON	OFF	
		65 V	65 V	
		DC	DC	
		GND	GND	

Nota. Colores del cableado en el tablero y voltajes de entrada ya salida

Controlador

Figura 44

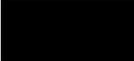
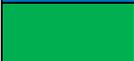
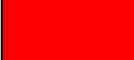
Controlador



Nota. Controlador de la motocicleta y todos sus cables

Tabla 11

Voltajes de funcionamiento del controlador

ITEM	MEDICIÓN			IMAGEN
VOLTAJE DE ENTRADA	COLOR	ON	OFF	
		GND	GND	
		66 V DC	66 V DC	
TERMINALES DE MOTOR	COLOR	ON	OF	
		0.5 V DC	0 V DC	
		0.5 V DC	0 V DC	
		0.5 V DC	0 V DC	
TERMINAL DE SENSOR HALL	COLOR	ON	OFF	 
		GND	GND	
		4.7 V DC	0 V DC	
		3.3 V DC	0 V DC	

ITEM	MEDICIÓN			IMAGEN
		DC		
		3.3 V	0 V DC	
		DC		
		3.3 V	0 V DC	
TERMINAL DE ACELERADOR	COLOR	ON	OFF	
		5 V DC	0 V DC	
		GND	GND	
		0 V DC	0 V DC	
TERMINAL DE 3 VELOCIDADES	COLOR	ON	OFF	
		GND	GND	
		3.3 V	0 V DC	
		3.3 V	0 V DC	
TERMINAL DE FRENO	COLOR	ON	OFF	
		GND	GND	
		3 V DC	0 VDC	
TERMINAL DE TABLERO	COLOR	ON	OFF	
		GND	GND	
		66 V DC	66 V DC	
		0 V DC	66 V DC	
TERMINAL 2 CABLES	COLOR	ON	OFF	
		GND	GND	
		66 V DC	66 V DC	
TERMINAL 2 CABLES	COLOR	ON	OFF	
		GND	GND	
		66 V DC	0 V DC	

ITEM	MEDICIÓN			IMAGEN
TERMINAL 1 CABLE	COLOR	ON	OFF	
		66 V DC	0 V DC	
TERMINAL 1 CABLE	COLOR	ON	OFF	
		0 V DC	0 V DC	

Nota. Determinación de función de cada cable con su entrada y salida de voltaje

Motor

Figura 45

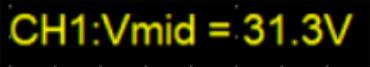
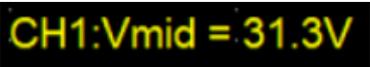
Motor



Nota. Motor eléctrico, ubicado en la llanta trasera

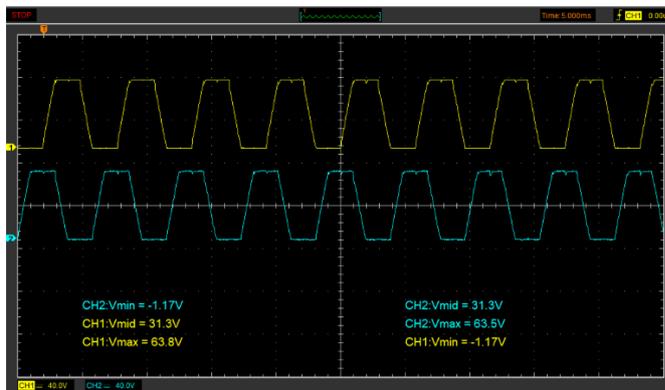
Tabla 12

Voltajes de funcionamiento del motor (máxima aceleración)

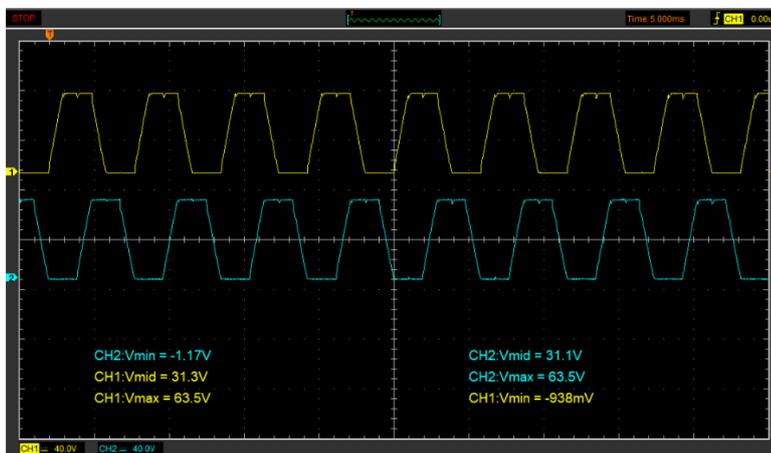
ITEM	COLOR	MEDICIÓN	IMAGEN
VOLTAJE DE LA BOBINA 1		31.3 V	
VOLTAJE DE LA BOBINA 2		31.3 V	
VOLTAJE DE LA BOBINA 3		31.3 V	

GRÁFICAS

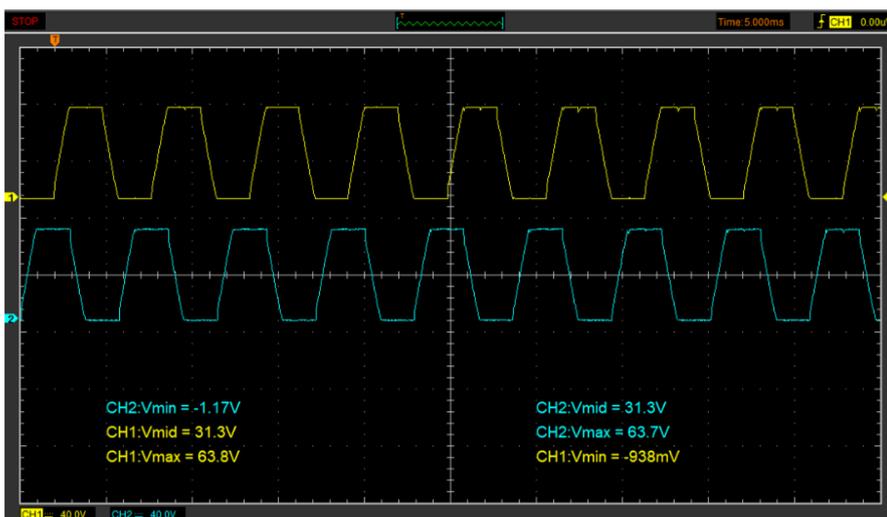
1) Bobina 1 VS Bobina 2 (desfase)



2) Bobina 1 VS Bobina 3 (desfase)



3) Bobina 2 VS Bobina 3 (desfase)



Nota. Desfase de las bobinas del motor eléctrico

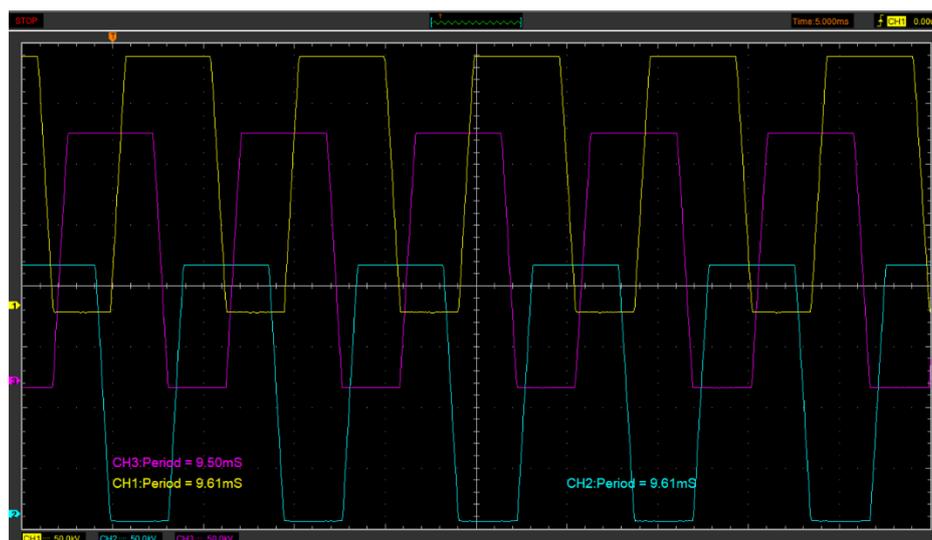
En las gráficas anteriores se puede observar una comparación entre pares de las bobinas del motor eléctrico. En las señales se puede observar de una mejor manera el desfase que existe entre una y otra, permitiendo visualizar de forma clara el funcionamiento del motor, las bobinas durante el funcionamiento se mantienen conectándose y desconectándose en diferentes intervalos (desfase) para producirse el cambio de polaridad magnética entre los enrollados del estator y los imanes fijos del rotor y de esta manera producir el giro.

a) Periodos de las señales de las bobinas

Las gráficas a continuación muestran los periodos de cada impulso de las bobinas y como varían las señales, específicamente el periodo, en función de las velocidades del motor (3 velocidades), de igual manera es apreciable el desfase entre la conexión y desconexión de las bobinas.

Figura 46

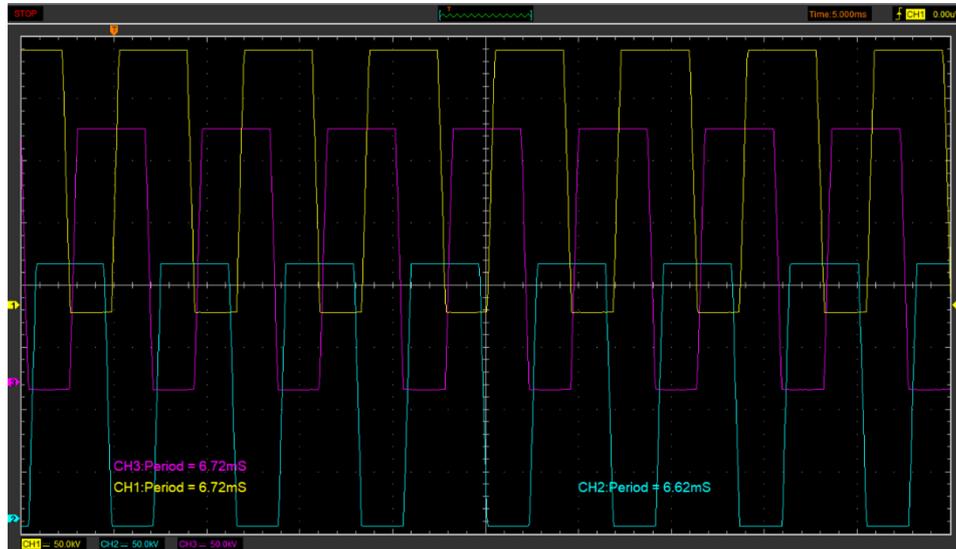
Señales de bobinas en 1era velocidad (máxima aceleración)



Nota. Periodos de 9.61 ms

Figura 47

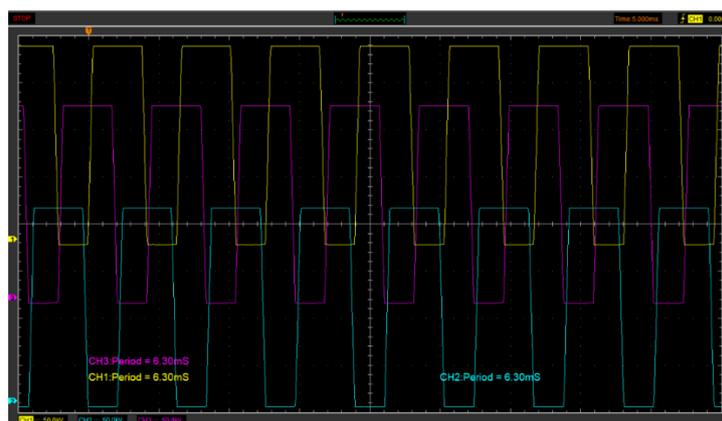
Señales de bobinas en 2da velocidad (máxima aceleración)



Nota. Periodos de 6.72 ms

Figura 48

Señales de bobinas en 3ra velocidad (máxima aceleración)

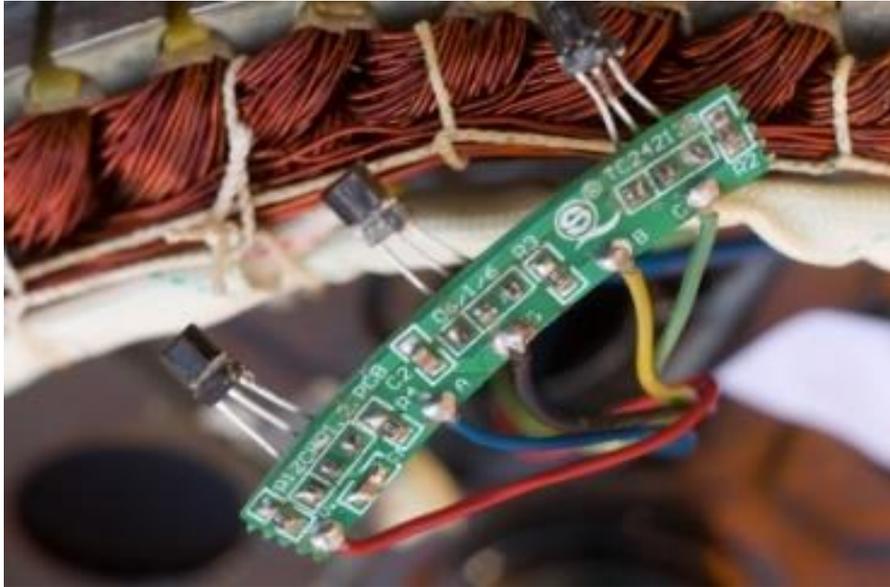


Nota. Periodos de 6.30 ms

b) Sensores Hall

Figura 49

Sensores Hall



Nota. Sensores Hall del motor eléctrico

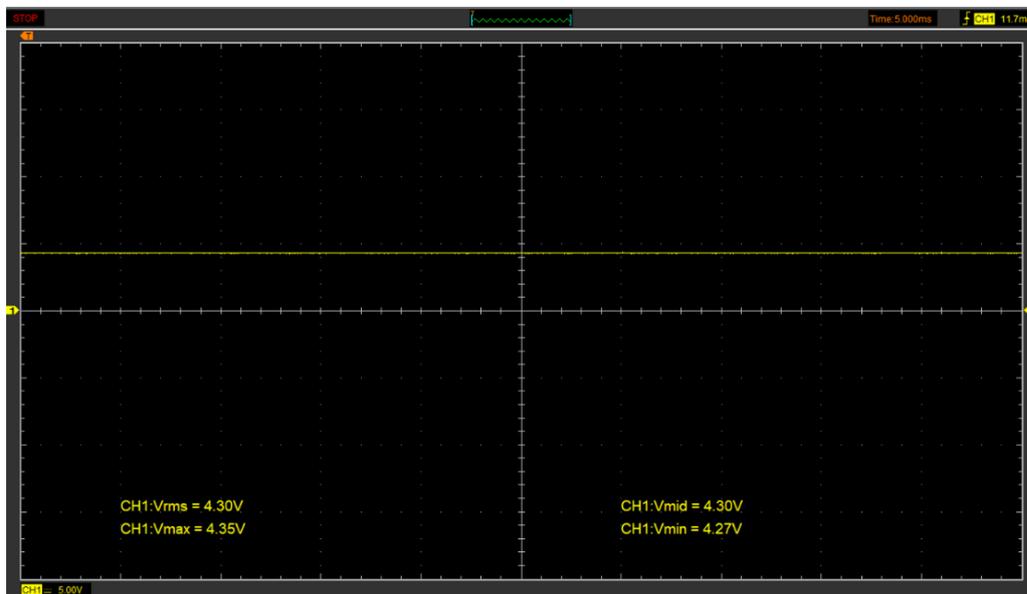
Tabla 13

Voltajes de funcionamiento de los sensores Hall

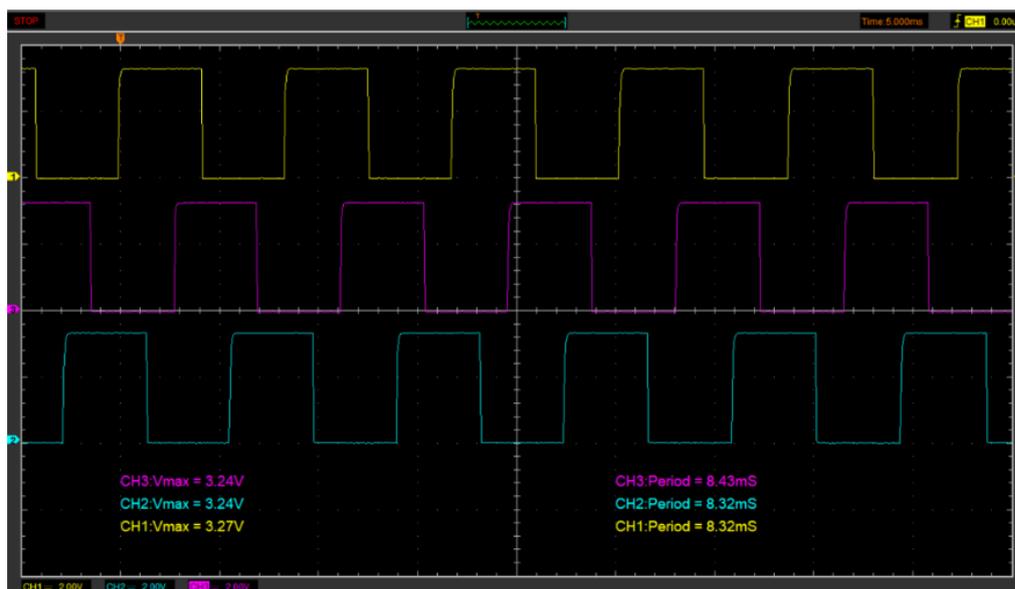
ITEM		MEDICIÓN	IMAGEN
ALIMENTACIÓN		4.30 V	
SENSOR HALL 1		3.24 – 3.27 V	
SENSOR HALL 2		3.24 – 3.27 V	
SENSOR HALL 3		3.24 – 3.27 V	

GRÁFICAS

1) Voltaje de alimentación de los sensores Hall



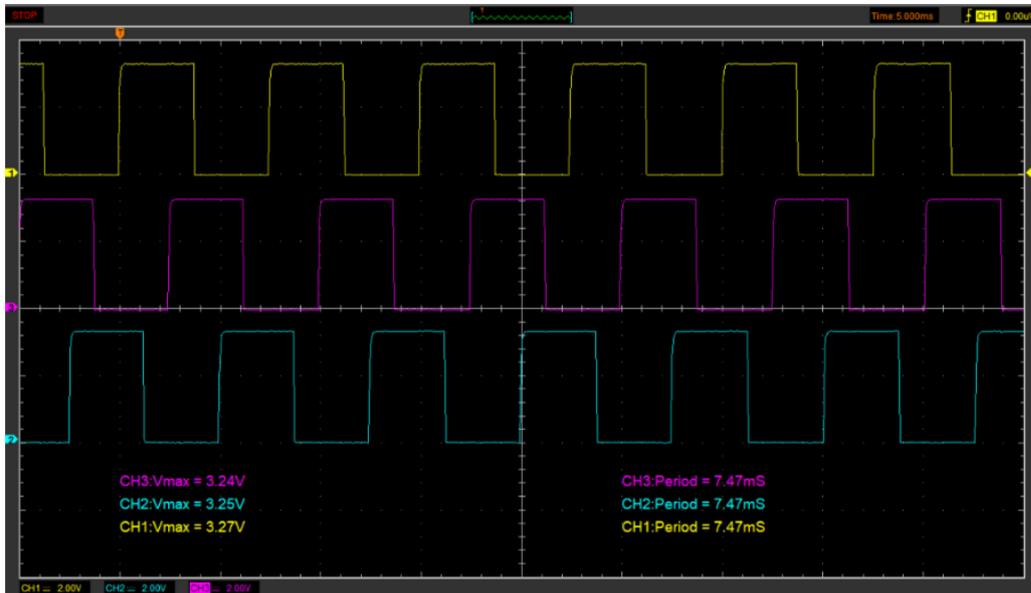
2) Señal de sensores Hall 1era velocidad (máxima aceleración)



Nota. Periodos de 8.32 ms

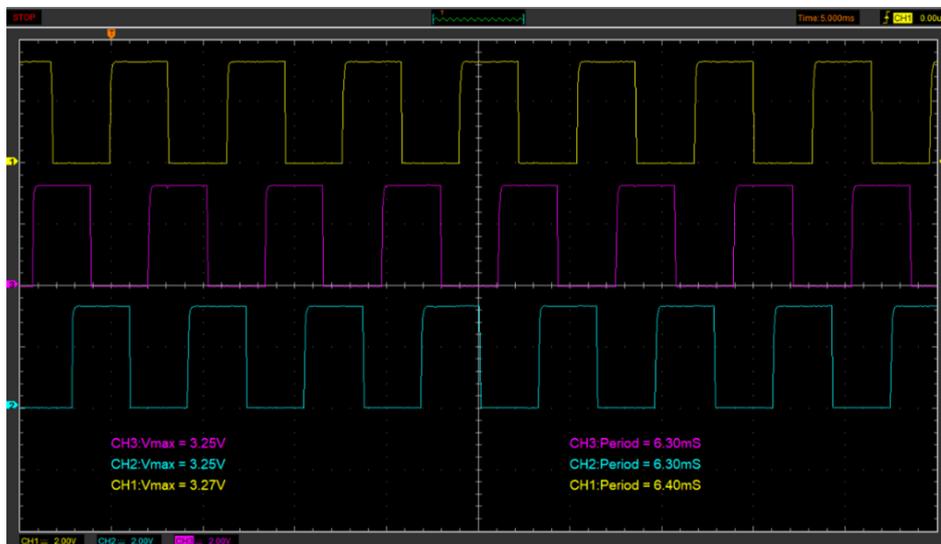
GRÁFICAS

3) Señal de sensores Hall 2da velocidad (máxima aceleración)



Nota. Periodos de 7.47 ms

4) Señal de sensores Hall 3ra velocidad (máxima aceleración)



Nota. Periodos de 6.30 ms

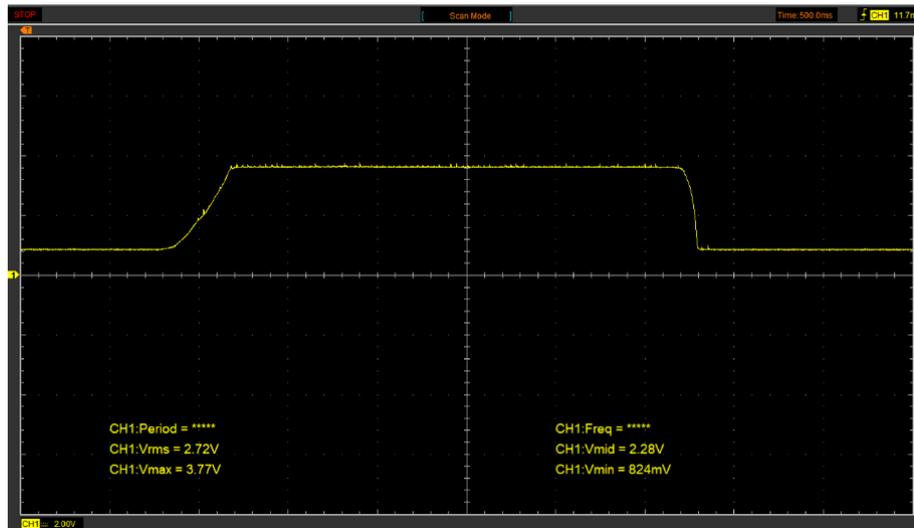
Nota. Voltajes y señales de los sensores Hall.

Acelerador

La imagen a continuación presenta la señal de activación del acelerador en las 3 velocidades.

Figura 50

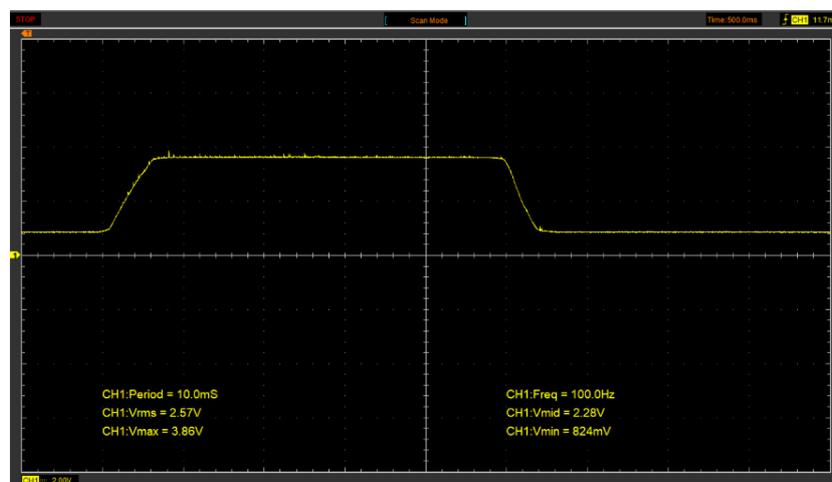
Señal del acelerador en 1era velocidad (aceleración máxima)



Nota. Señal y voltajes del acelerador en primera velocidad

Figura 51

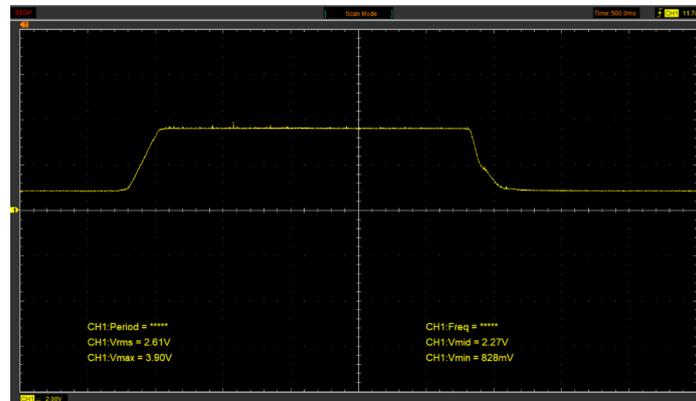
Señal del acelerador en 2da velocidad (aceleración máxima)



Nota. Señal y voltajes del acelerador en segunda velocidad

Figura 52

Señal del acelerador en 3ra velocidad (aceleración máxima)



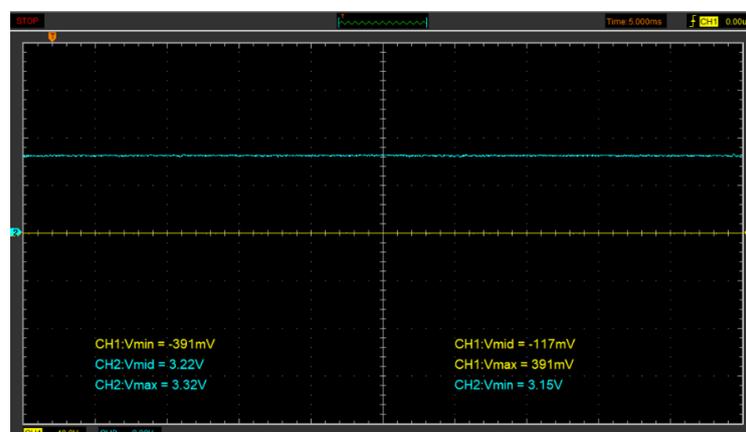
Nota. Señal y voltajes del acelerador en tercera velocidad

a) Selector de velocidades

Las gráficas del selector de velocidades se muestran a continuación, en la velocidad 1 se encuentra señal de voltaje en el primer cable (gris), mientras que no existe voltaje en el segundo cable (naranja). En la velocidad 2 se encuentran ambos cables alimentados. En la velocidad 3 el cable gris no tiene alimentación y el cable naranja está alimentado.

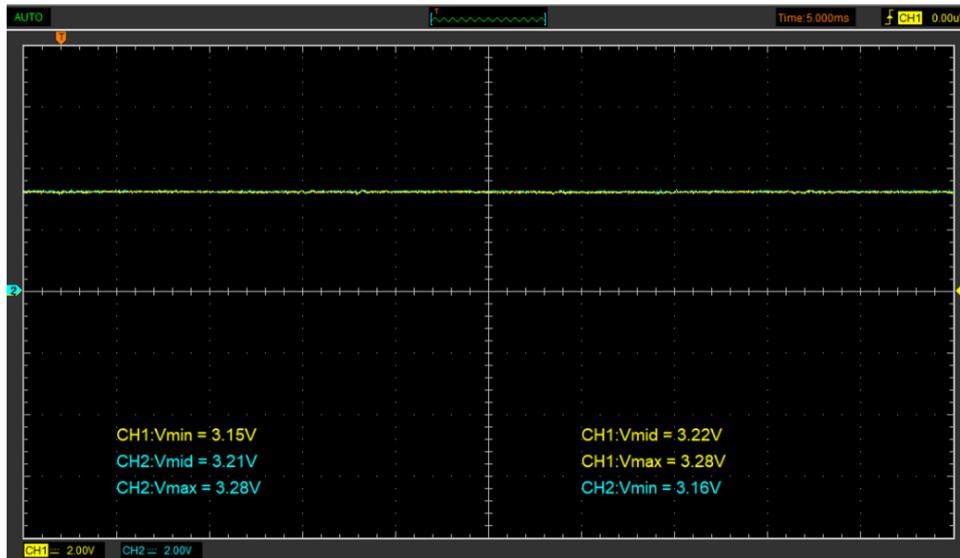
Figura 53

Selector de velocidades en 1ra velocidad



Nota. Cable gris 3.22V, Cable naranja 0V (valor negativo)

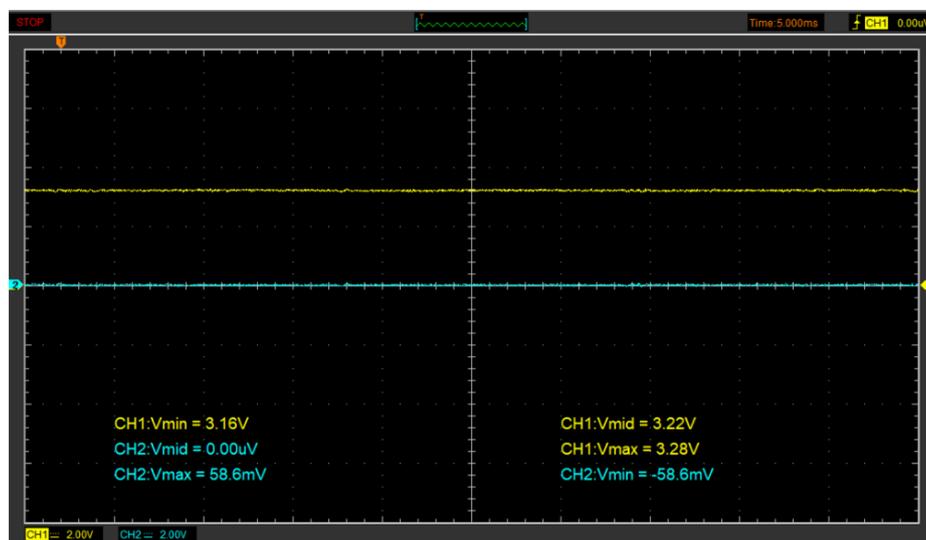
Figura 54 Selector de velocidades en 2da velocidad



Nota. Ambos cables con un voltaje de 3.22V

Figura 55

Selector de velocidades en 3ra velocidad



Nota. Cable gris 0 V, Cable naranja 3.22 V

Resistencia eléctrica de los elementos

Las tablas a continuación presentan la resistencia eléctrica de los componentes del sistema eléctrico.

Tabla 14*Resistencias eléctricas halladas en el controlador*

ITEM	MEDICIÓN	
TERMINAL 2 CABLES		109.1 K Ω
TERMINAL HALL		4.1 K Ω
		3.4 K Ω
		3.9 K Ω
		3.5 K Ω
TERMINAL 3 CABLES		120.5 K Ω
		129 K Ω
		31.2 K Ω
TERMINAL 3 CABLES		6.7 K Ω
		33 K Ω
		26.2 K Ω
TERMINAL 3 CABLES		109 K Ω

Nota. Resistencias que salen del controlador por color de cables**Tabla 15***Resistencias eléctricas halladas en los terminales del controlador a motor*

ITEM	MEDICIÓN	
TERMINALES		19.7 K Ω
		19.8 K Ω
		19.8 K Ω
		39.7 K Ω
		39.7 K Ω

ITEM	MEDICIÓN	
		39.7 K Ω

Nota. Resistencia eléctrica del controlador hacia el motor

Tabla 16

Resistencias eléctricas halladas en el terminal de velocidades

ITEM	MEDICIÓN	
TERMINAL 3 CABLES		(VELOCIDAD 1) 0.1 K Ω
		(VELOCIDAD 3) 0.2 K Ω

Nota. Resistencias eléctricas según su velocidad

Tabla 17

Resistencias eléctricas halladas en el terminal del acelerador (mando)

ITEM	MEDICIÓN	
TERMINAL 3 CABLES		5.97 M Ω
		1 K Ω

Nota. Resistencia eléctrica en el mando que controla la aceleración

Tabla 18

Resistencias eléctricas halladas en el tablero

ITEM	MEDICIÓN	
TERMINAL 3 CABLES		139.1 KΩ

Nota. Las resistencias que se halló son iguales en todos los cables

Tabla 19

Resistencias eléctricas halladas en los terminales de motor a controlador

ITEM	MEDICIÓN	
TERMINALES		7.09 MΩ
		7.07 MΩ
		6.06 MΩ

Nota. Resistencias desde el terminal hacia el controlador, con el color de cables

Modelación 3D de la estructura de la motocicleta eléctrica

La modelación 3D de una pieza, estructura, ensamble, etc., sirve para poder hacer pruebas mecánicas a estas sin la necesidad de dañar la estructura física.

Para esto se debe seguir una secuencia de pasos:

- medición de las piezas
- Sketch o croquizado 2D y 3D
- Obtención del solido
- Ensamblaje

A continuación, se detallará cada paso para la obtención del modelado de la motocicleta Citycoco de la presente investigación

Medición

Como primer paso se procede a realizar las mediciones de cada parte que influirá a la hora de simular esfuerzos, se realizará bocetos a mano de las piezas, esto dependerá de cada persona. Para las mediciones grandes se usó cinta métrica y metro, las medidas relativamente pequeñas se usó el pie de rey o calibrador.

Figura 56

Toma de medidas de la estructura y demás piezas



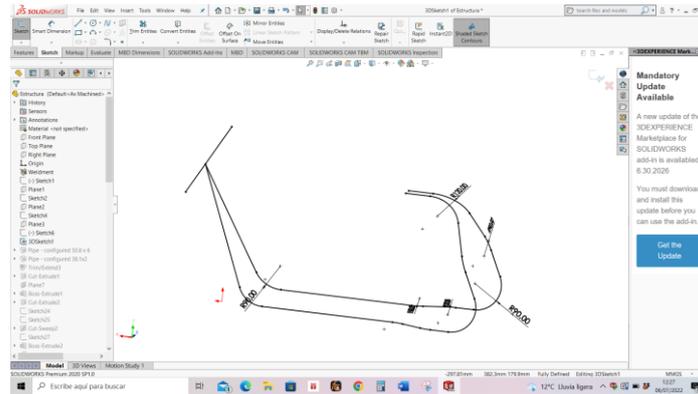
Nota. Se usó el pie de rey para medir espesores y anchos de tubos y perforaciones

Sketch 2D y 3D

Una vez que se realizó las mediciones se procede a realizar los croquisados o también conocidos como sketch 2D y 3D de la estructura y demás piezas, para esto los programas de modelado constan de un sin número de operaciones para realizar los modelados tanto 2D como 3D, el uso de esto variará de cada diseñador, en la siguiente figura se podrá visualizar el croquis 3D de la estructura.

Figura 57

Realización de sketch 2D y 3D



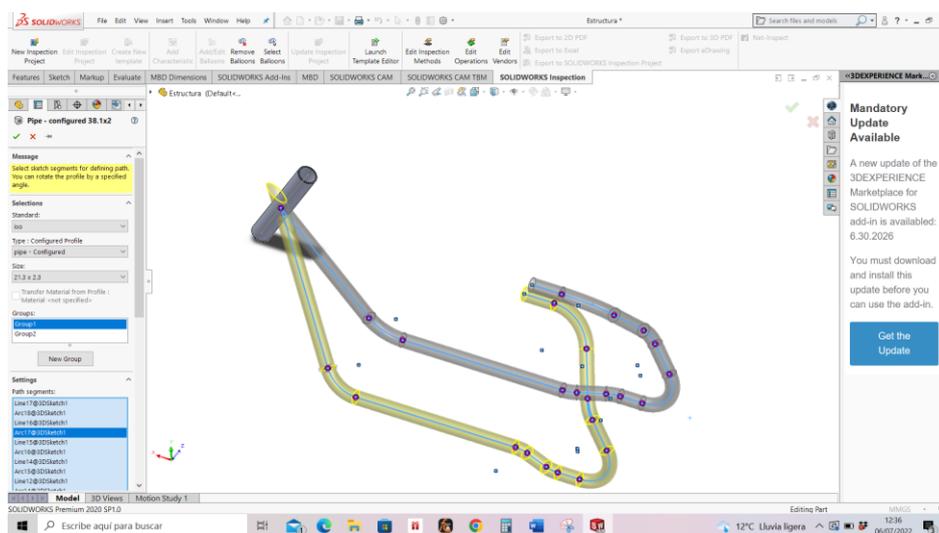
Nota. Se visualiza el sketch 3D, listo para insertar perfiles estructurales

Obtención del sólido

En este caso al tratarse de representar una estructura soldada se utiliza una función que permite a partir del croquis o sketch 3D, el poner las miembros estructurales de acuerdo con la necesidad, en la siguiente figura se podrá visualizar esto.

Figura 58

Transformación de croquis 3D a un sólido estructural

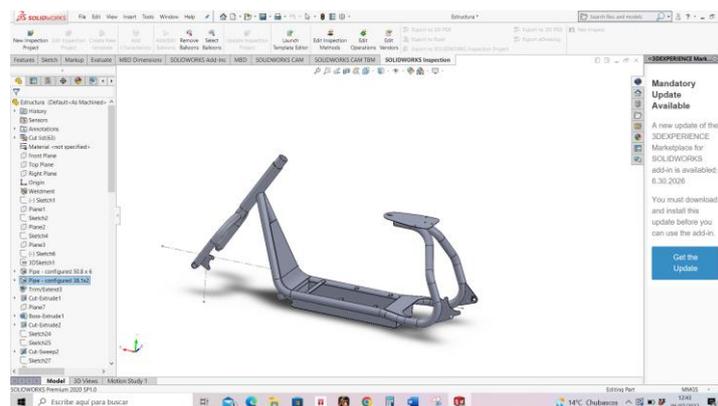


Nota. Perfil estructural añadido a partir del sketch 3D

La función de insertar miembros estructurales es perfecta para estructuras o carrocerías, ya que se puede elegir la manera de corte en cada unión, además que al momento de la simulación con solo un paso se podrá hacer que toda la estructura refleje como un conjunto soldado, sin la necesidad de añadir soldadura a cada vértice. Después de tener la estructura se puede añadir las demás piezas que visualmente forman un solo conjunto como es el caso de esta estructura.

Figura 59

Sólido de estructura principal



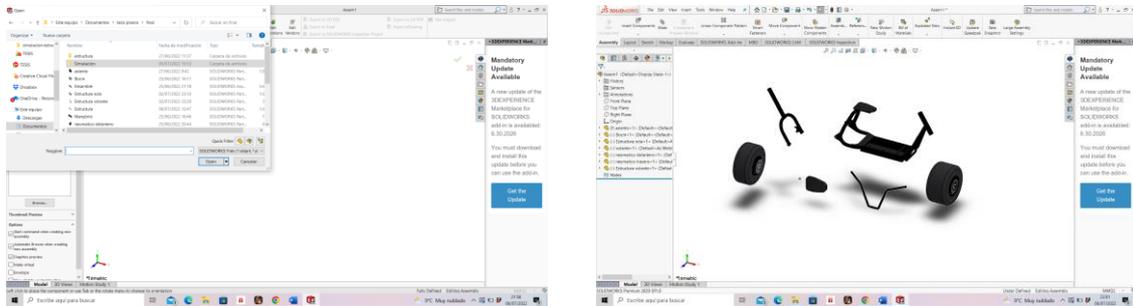
Nota. Estructura del bastidor

Así como se realizó el sólido 3D para la simulación de la estructura se realizó, los demás sólidos de todas las piezas. Una vez que se tiene todas las piezas listas se realiza el ensamble de todas ellas.

Ensamblaje

Se crea un ensamble en el software CAD, y se importan las piezas creadas anteriormente y se procede a realizar restricciones para una correcta unión del ensamble.

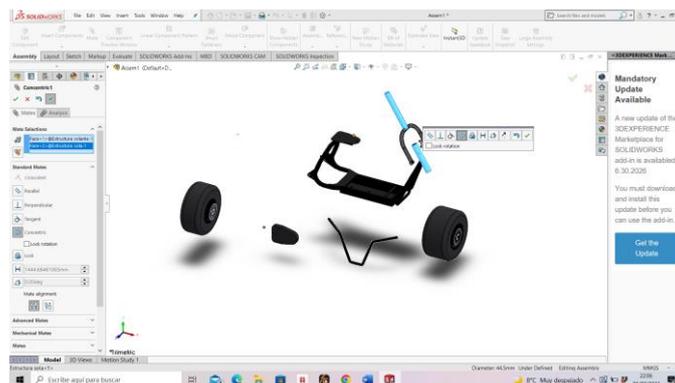
Figura 60

Importe de piezas al ensamble

Nota. Importe de piezas desde carpeta contenedora

Una vez que se tiene todas las piezas ya importadas al ensamble, se procede a generar restricciones las cuales ayudan a que el ensamblaje o unión de las piezas den un modelado ya terminado. A continuación, se mostrará una figura con el ejemplo del tipo de restricciones y que realizan estas.

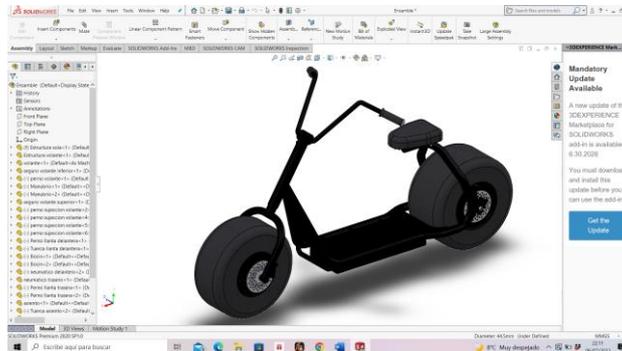
Figura 61

Restricciones a los componentes

Nota. Restricciones de pieza a pieza para la obtención de un ensamble sólido

Una vez que todas las restricciones fueron hechas a todas las piezas quedara el ensamble final.

Figura 62

Ensamblaje final

Nota. Ejemplo del ensamble final una vez hecho todas las restricciones

Simulación con cargas progresivas de la estructura

Una simulación en un software CAD se la puede realizar tanto como a una pieza individual como a un ensamble, también existen diferentes tipos de simulaciones estáticas, dinámicas, térmicas, etc., en este caso se abordará una simulación estática a un ensamble. Para esto se debe seguir una serie de pasos:

- Definir el material de los elementos
- Definir el tipo de conexiones de los elementos
- Seleccionar puntos fijos
- Aplicar cargas externas
- Realización de mallado
- Corrido de simulación

Definir el material

El presente proyecto es para obtener un análisis mecánico y posibles mejoras al diseño base, por ende, el material debe ser uno que se halle en nuestro

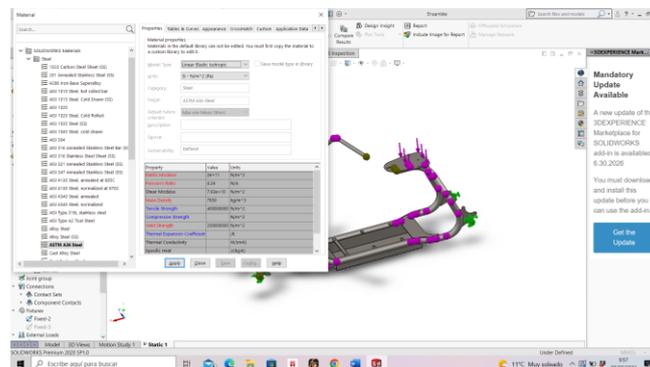
entorno con facilidad, con esto en mente el material más comercializado es el acero ASTM A36, con este tipo de acero están hechos las perfiles estructural.

“La tubería redonda estructural de IPAC, tiene entre otras la aplicación en el sector automotriz y de autopartes: carrocería y guardachoques, tubos de escape, remolques y rodados, también cuenta con la ventaja de ser duradero económico y ecológico” (IPAC, 2022)

Así mismo todas las dimensiones de la tubería de la estructura del modelado en el software CAD fueron regularizadas de acuerdo con las medidas disponibles en el catálogo de IPAC.

Figura 63

Definir material en el ensamble



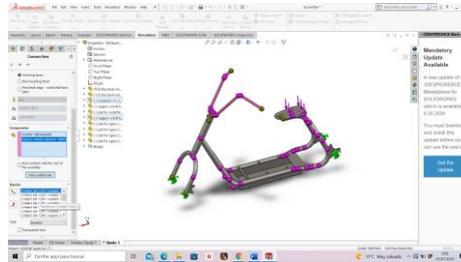
Nota. Se selecciono el acero estructural más común en el país el ASTM A36

Definir el tipo de conexiones de los elementos

Una correcta definición de tipo de conexiones es de gran ayuda principalmente en estructuras, esto debido a que permite tratar a toda la estructura como un solo conjunto soldado o definir la fricción entre los elementos o si hay o no existe penetración entre aristas o caras esto entre sus características para que el ensamble sea correctamente restringido y no existan errores.

Figura 64

Definición de los tipos de conexiones de los elementos



Nota. La principal conexión que se usó es de una estructura soldada

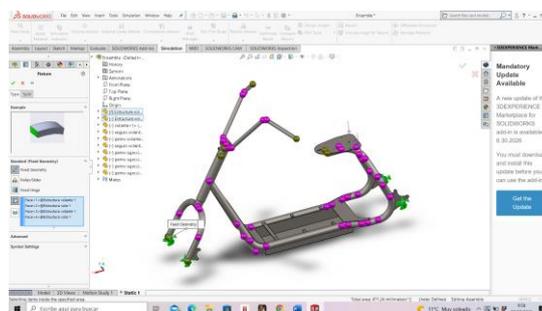
Seleccionar puntos fijos

La selección de puntos fijos ayuda a definir el tipo de simulación que se hará, ya que esto definirá los principales puntos donde estarán las reacciones en la simulación estática, esto debido a las cargas o fuerzas externas que se añadan en la simulación.

De acuerdo con los puntos fijos seleccionados el elemento o ensamble simulado tendrá ciertos grados de libertad definiendo hacia donde se desplazará el cuerpo o donde estaría los mayores esfuerzos. En este caso se seleccionó los puntos donde estarían las conexiones directas a las ruedas como puntos fijos.

Figura 65

Colocación de puntos fijos



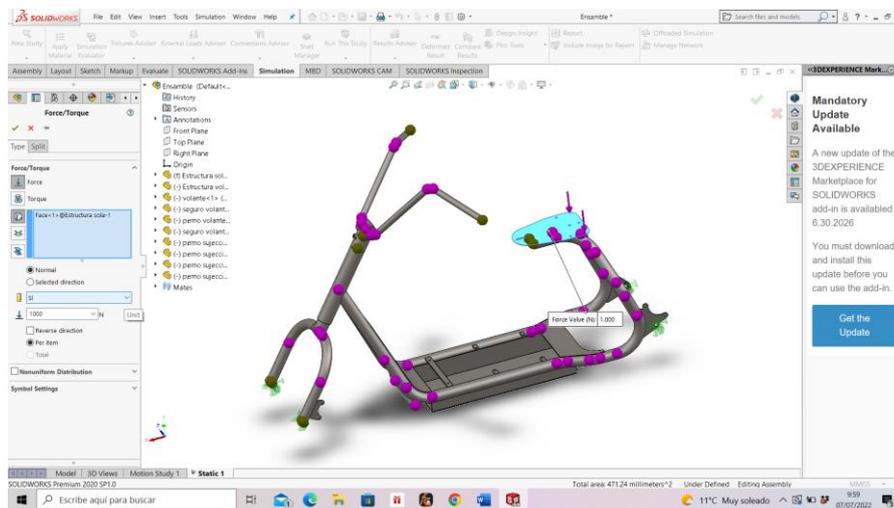
Nota. Colocación de puntos fijos delanteros y traseros

Aplicar cargas externas

En estas están inmiscuidas la gravedad, esfuerzos, torque entre otras, en este caso se seleccionó una carga distribuida en el asiento en donde se añadirá la mayoría de la carga a la estructura. Las cargas que se añadirán serán de forma ascendente para definir cuál es el esfuerzo máximo que puede soportar la estructura.

Figura 66

Aplicación de cargas



Nota. Aplicación de carga aplicada en el asiento del conductor

Realización de mallado

El mallado es lo más importante, entre más fino sea el mallado los datos de la simulación serán más reales. (García, 2012).

“La malla está programada para contener el material y las propiedades de la estructura que definen cómo esta reaccionará ante ciertas condiciones de carga. A los nodos se les asigna una densidad por todo el material dependiendo del nivel de estrés anticipado en un área. Las regiones que recibirán gran cantidad de estrés tienen normalmente una mayor densidad de

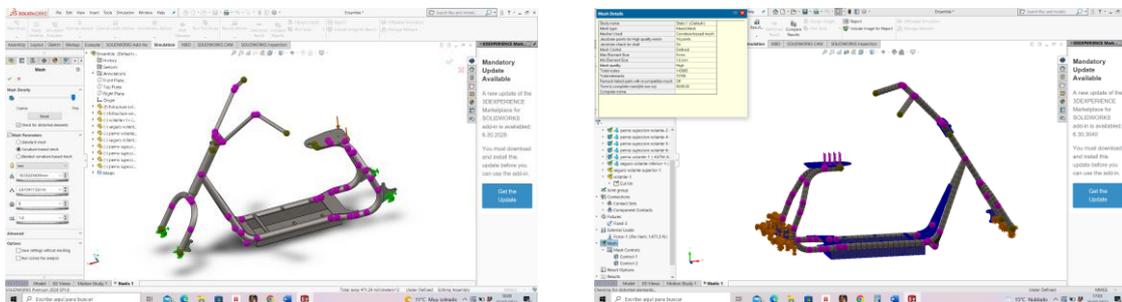
nodos (densidad de malla) que aquellas que experimentan poco o ninguno. La malla actúa como la red de una araña en la que desde cada nodo se extiende un elemento de malla a cada nodo adyacente. Este tipo de red vectorial es la que lleva las propiedades del material al objeto, creando varios elementos.”

(Garcia, 2012)

La malla es esencial para una mejor recolección de datos en una simulación, al ser como una red de araña interconectando todos los nodos, entre esta sea más fina se tendrá datos más certeros. Dicho esto, el tamaño del elemento en la malla, sin que ocasione errores del software CAD será de 8mm, la calidad de la malla es híbrida, el número de elementos es 72785, número de nodos es 143865 y el material ASTM A36.

Figura 67

Definir malla



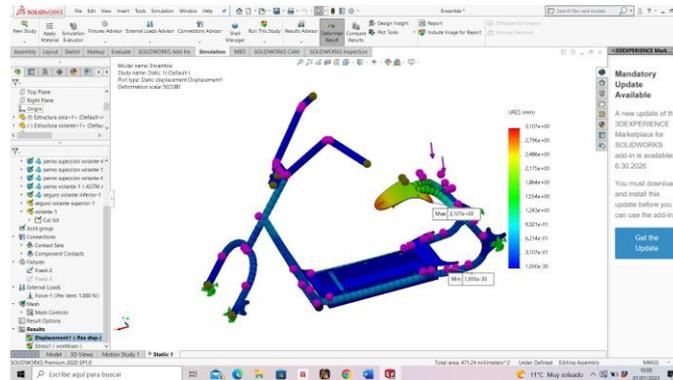
Nota. Definición de malla en el ensamble

Corrido de simulación

Una vez que todos los pasos anteriores fueron cumplidos se proceda a correr la simulación, y también se podrá definir qué tipo de datos queremos que nos muestre la simulación.

Figura 68

Corrido de la simulación



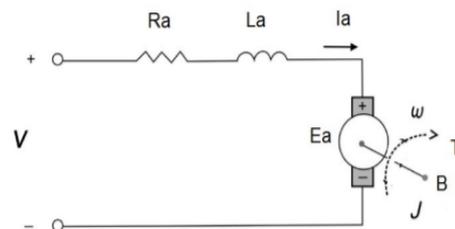
Nota. Simulación con carga aplicada en el asiento del conductor

Modelación por ecuaciones matemáticas del conjunto electromecánico de un motor DC

Para la simulación de un motor DC en el programa Matlab Simulink se inicia de un esquema, donde se representa la estructura y funcionamiento del circuito de dicho motor como se muestra en la figura 69, en la cual se puede evidenciar tanto los elementos como las variables que forman parte del circuito electromecánico de un motor DC.

Figura 69

Esquema electromecánico de un motor DC



Nota. Esquema electromecánico con variables que se usaran

De dicho esquema se puede identificar el modelo electromecánico de un motor DC, apreciando 2 secciones importantes, como a la parte eléctrica y la parte mecánica del motor.

La primera ecuación se obtiene mediante el análisis del flujo de corriente en la sección eléctrica del motor, donde da como resultado la siguiente fórmula:

$$v(t) = R_a * i_a(t) + L_a \frac{di_a(t)}{dt} + E_a(t)$$

donde:

R: constante de resistencia en serie (Ohm)

L= inductancia de la bobina de armadura (H)

v= fuente de alimentación (volt)

$E_a(t)$ = Fuerza contraelectromotriz (volt)

Despejando de la ecuación anterior, la derivada de la corriente y la inductancia de la bobina se obtiene:

$$L_a * \frac{di_a(t)}{dt} = v(t) - R_a * i_a(t) - E_a(t)$$

La segunda ecuación se obtiene mediante el análisis en la sección mecánica del motor, donde se obtiene la siguiente fórmula:

$$T_m(t) = J \frac{d\omega}{dt} + B * \omega(t)$$

donde:

$T_m(t)$ = torque del motor de corriente continua (N.m)

B = es el coeficiente de fricción equivalente al motor de corriente continua y a la carga montada sobre los ejes del motor.

J = momento de inercia total del rotor ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$)

$w(t)$ = velocidad angular del motor (rad/s)

$dw(t)/dt$ = aceleración angular del motor (rad/s^2)

Despejando de la ecuación (1) la derivada de la velocidad angular y el momento de inercia se obtiene:

$$J \frac{dw}{dt} = T_m(t) - B * w(t)$$

Se establecen relaciones que permiten la interacción tanto de la ecuación (1) como la ecuación (2), en la cual se asume que hay una relación proporcional K_a entre el voltaje inducido en la armadura y la velocidad angular de giro del motor, donde se puede apreciar la siguiente ecuación:

$$E_a(t) = K_a * w(t)$$

donde:

K_a = constante contraelectromotriz ($\text{v/rad}\cdot\text{s}$)

En la segunda relación del diagrama se asume que el torque mecánico es proporcional K_m , a la corriente eléctrica. De lo cual se obtiene la siguiente ecuación:

$$T_m(t) = K_t i_a(t)$$

Donde:

K_m = constante de torque (Nm/A)

Ya se cuenta con un número de ecuaciones diferenciales, las cuales permiten obtener una serie de funciones de transferencia que serán representadas y simuladas por Matlab Simulink.

$$\frac{di_a(t)}{dt} = \frac{v(t) - R_a * i_a(t) - E_a(t)}{L_a}$$

$$\frac{d_w}{dt} = \frac{T_m(t) - B * w(t)}{J}$$

$$E_a(t) = K_a * w(t)$$

$$T_m(t) = K_t i_a(t)$$

Para el proceso de simulación es importante establecer los parámetros y declarar las variables del motor que se va a simular en el Workspace de Simulink:

Figura 70

Declaración de variables

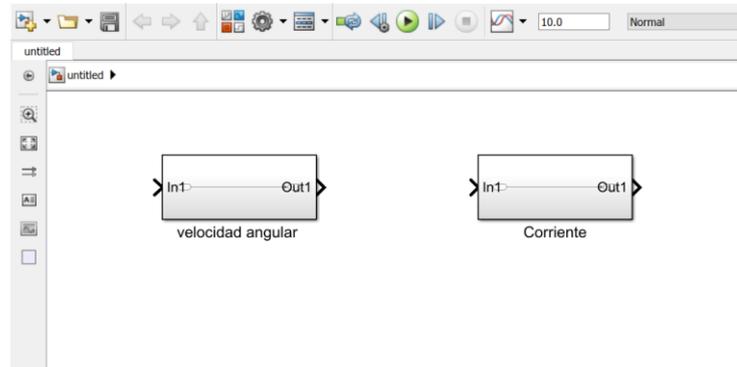
Workspace	
Name ^	Value
B	7
J	5
Ka	70
Kt	50
L	0.5000
R	500

Nota. Declaración de variables de la simulación con sus valores respectivos

Una vez declarada las variables se crea un espacio de trabajo en la sección de Simulink de Matlab, la cual va a constar de 2 subsistemas que representaran a la sección eléctrica y mecánica del conjunto del motor donde se pretende observar como resultado la corriente y la velocidad angular de dichas ecuaciones establecidas.

Figura 71

Creación de subsistemas

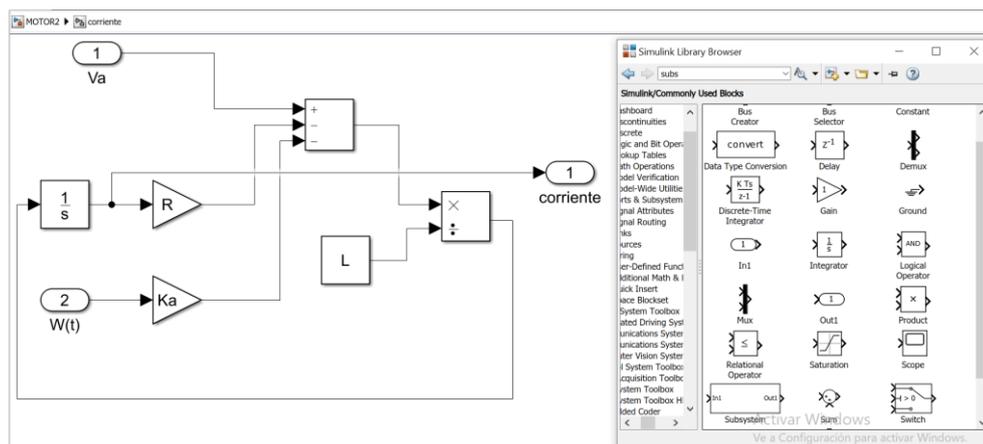


Nota. Subsistema de cada valor que se desea hallar

Se puede inicializar con la representación de la ecuación de la corriente en el subsistema creado, identificando operadores matemáticos, constantes y variables de la ecuación, utilizando el panel de librerías de Simulink.

Figura 72

Representación del subsistema eléctrico



Nota. Subsistema eléctrico con todos los elementos

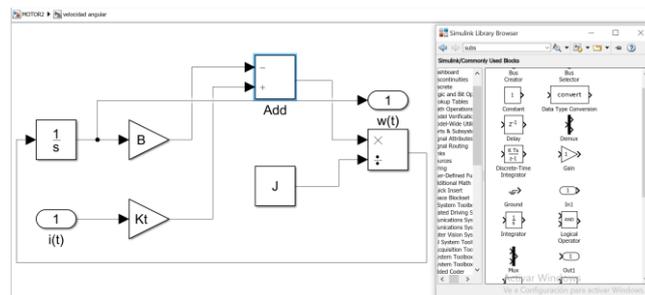
En la figura 72 se puede observar la representación de la ecuación de la corriente, reemplazando la relación que existe de la misma con la parte mecánica.

Se identifican que hay dos valores de entrada que son V_a y $W(t)$ cuyos valores entra a una operación suma (+; -; -) la cual es descrita por la ecuación conjunto a un tercer valor que es la corriente I , el cual es el resultado de la integración de la ecuación de la corriente dividida para el valor de L_a .

A continuación, se representa la ecuación de la sección mecánica en el subsistema creado identificando operadores matemáticos, constantes y variables de la ecuación, mediante utilizando el panel de librerías de Simulink.

Figura 73

Representación del subsistema mecánico



Nota. Subsistema mecánico con todos sus elementos

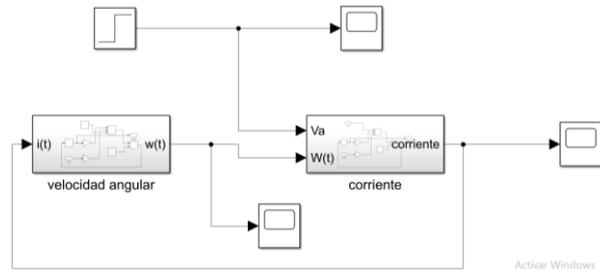
En la figura 74 se puede observar la representación de la ecuación de la velocidad angular reemplazando la relación que existe de la misma con la parte eléctrica.

Se identifican que hay dos valores de entrada que son T_i y $i(t)$ cuyos valores entra a una operación de suma (-; +) la cual es descrita por la ecuación conjunto a un tercer valor que es la velocidad angular $w(t)$, el cual es el resultado de la integración de la ecuación de la velocidad dividida para el valor de J .

Una vez terminado la creación de los dos subsistemas tanto de la parte eléctrica como la mecánica, se unifican estas dos de tal manera que se puede obtener el modelamiento matemático por ecuaciones de un motor Dc.

Figura 74

Modelamiento matemático por ecuaciones de un motor Dc

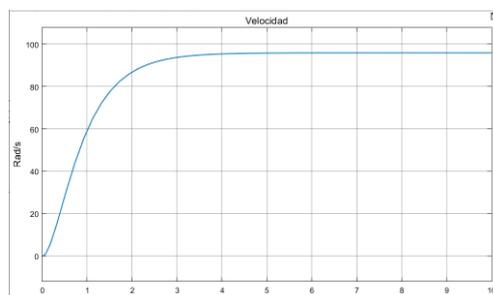


Nota. Modelamiento matemático con cada subsistema generado anteriormente

En la gráfica del esquema se puede observar la relación que existe entre la parte eléctrica y mecánica de la modelación de un motor Dc en Matlab Simulink, con ayuda de la herramienta de osciloscopio se puede analizar las curvas que nos otorga dicha simulación y son las siguientes;

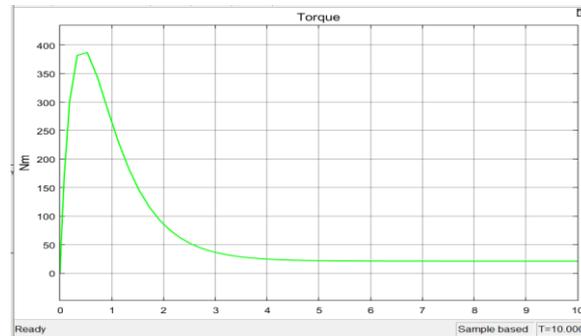
Figura 75

Gráfica velocidad

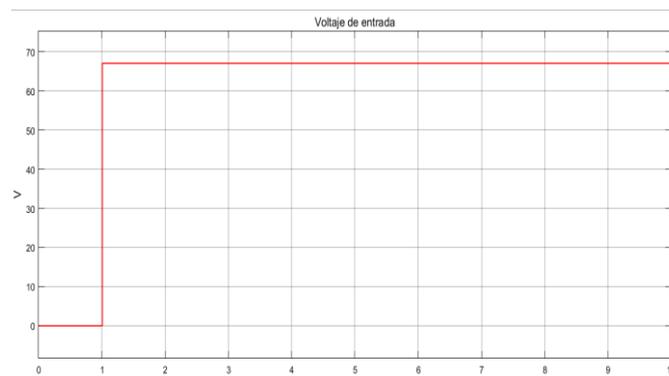


Nota. Gráfica velocidad vs tiempo

En esta gráfica se puede apreciar la curva de la velocidad del motor, donde se observa que esta empieza en su valor inicial donde llega hasta un punto de aproximadamente 97 rad/s y llega a estabilizarse indicando que es la velocidad máxima del motor.

Figura 76*Gráfica torque**Nota. Gráfica torque vs tiempo*

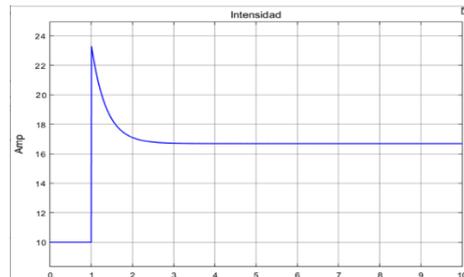
En la gráfica se puede apreciar la curva del torque, la cual nos indica que hay una elevación máxima de la curva cuando el motor empieza, pero al instante este llega a estabilizarse en los 30 Nm aproximadamente.

Figura 77*Gráfica voltaje**Nota. Gráfica voltaje vs tiempo*

Esta gráfica representa el voltaje de entrada o con el que trabaja el motor Dc donde se demuestra que al instante es una línea recta indicando la corriente continua en los 67 voltios que es el voltaje que entrega la batería o la fuente.

Figura 78

Gráfica corriente



Nota. Gráfica corriente vs tiempo

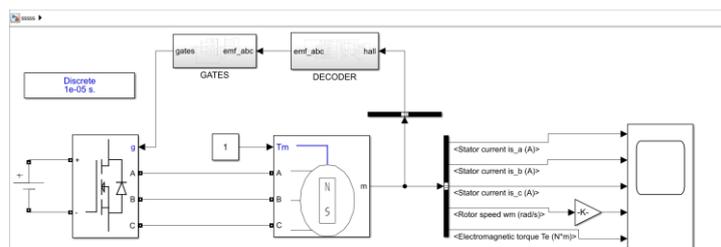
Esta gráfica representa la curva de la corriente en el arranque, donde se puede apreciar que en un instante esta corriente llega a elevarse a su punto máximo de 23 Amp, pero llega a mantenerse estable aproximadamente a los 17 Amp.

Modelación por componentes eléctricos de un motor DC

Otra herramienta que otorga el programa de Matlab Simulink es la de realizar simulaciones de circuitos eléctricos para su posterior análisis de gráficas por medio de la utilización de osciloscopios, donde se inicia del esquema general del circuito después de haber comprendido su funcionamiento, así como los elementos que conforman el mismo.

Figura 79

Esquema del circuito eléctrico de un motor DC

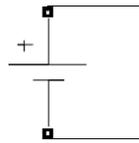


Nota. Circuito eléctrico motor DC con todos sus componentes

Dentro de este esquema se puede apreciar los componentes que conforman el circuito de transmisión de potencia del motor DC, los cuales se detallaran a continuación:

Figura 80

Fuente de alimentación del circuito

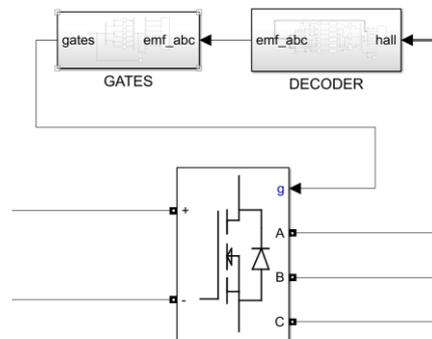


Nota. Fuente de alimentación del circuito, o voltaje de la batería

Este gráfico representa a la fuente de energía o la batería que es la encargada de suministrar el voltaje necesario para el funcionamiento tanto del controlador como del motor.

Figura 81

Componentes del controlador

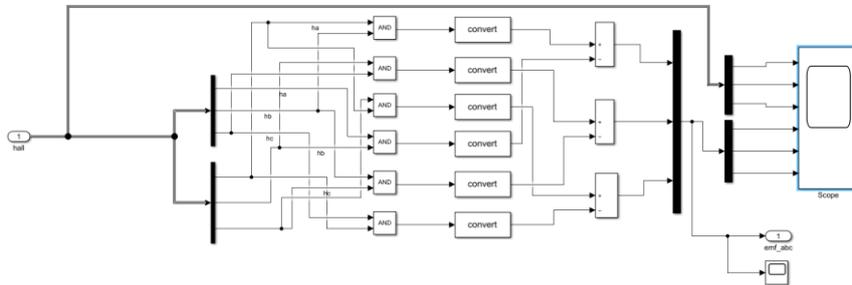


Nota. Representación eléctrica del controlador con sus componentes

En el presente gráfico se puede apreciar 3 componentes importantes que conforman el controlador del motor DC, dentro del mismo están los Mosfet que se encargan de permitir el paso de corriente al motor, así como del subsistema Decoder o decodificador que se encarga de recibir las señales de entrada de los sensores hall y el subsistema Gate que se encargan de interpretar las señales y permitir el paso de información a los Mosfet.

Figura 82

Funcionamiento del subsistema Decoder

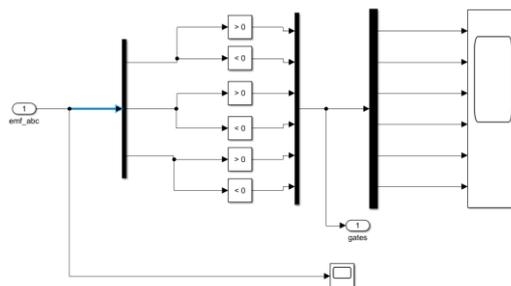


Nota. Funcionamiento del interpretador de señales

En la siguiente gráfica se puede apreciar el funcionamiento del subsistema DECODER donde por medio de las operaciones lógicas permite relacionar las señales de entrada de los sensores hall, convirtiéndolas en valores binarios para el paso de información hacia el subsistema Gates

Figura 83

Funcionamiento del subsistema Gates

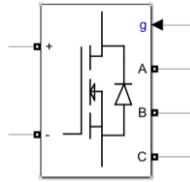


Nota. Funcionamiento subsistema Gates a partir de valores binarios

En este esquema se aprecia el funcionamiento del subsistema Gate el cual abre y permite el avance de entidades, siempre que el puerto de control recibe una entidad anónima con valor positivo el cual es enviado por el subsistema Decoder después de haber operado las señales de los sensores hall.

Figura 84

Representación del grupo Mosfet

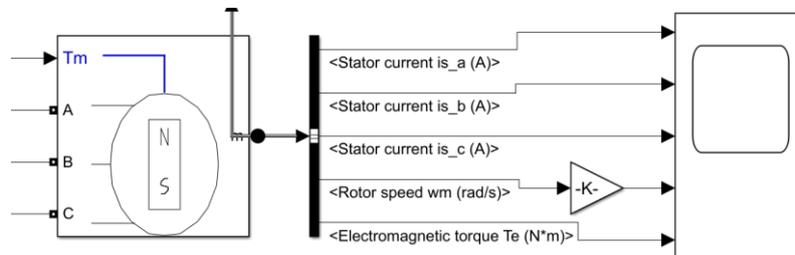


Nota. Grupo Mosfet que se encarga del paso de corriente

En esta gráfica se puede observar el elemento universal bridge el cual se encarga de reemplazar los Mosfet del controlador, donde conjuntamente de las señales que recibe de los sensores hall indica el momento exacto en el que este debe permitir el paso de corriente a las terminales del motor.

Figura 85

Representación del motor DC



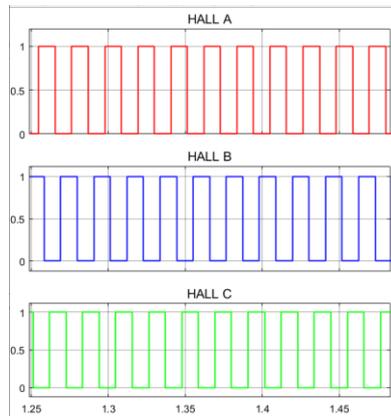
Nota. Representación motor DC con los valores que se obtendrán después de la simulación

En este gráfico se puede observar la representación de un motor DC sin escobillas, en el cual se identifica la entrada de corriente enviada por el controlador, así como las salidas de medición que se puede obtener del mismo con la ayuda de un osciloscopio.

Al realizar la simulación del motor DC se pueden tomar varias mediciones las cuales se detallarán a continuación:

Figura 86

Gráfica de señales del sensor Hall

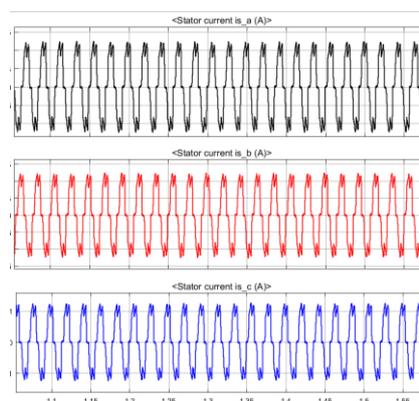


Nota. Señales sensor Hall, parecidas a las señales medidas

En la siguiente gráfica se puede observar los pulsos que envían los sensores Hall que son recibidos conforme a la posición del estator, así como también del desfase que existe entre sensores para que de esta manera el controlador asimile la información y pueda generar la energía suficiente para que el motor pueda seguir funcionando.

Figura 87

Gráfica de señales generadas por el estator



Nota. Señales y desfases generadas por el estator

En la siguiente gráfica se puede observar las curvas de la corriente de cada uno de los bobinados del motor que se encuentran en el estator son de forma sinusoidal ya que van en régimen a los ciclos positivo y negativo, así como el desfase que existe entre ellos que se da gracias a las señales enviadas por los sensores hall.

Figura 88

Gráfica de curva de velocidad



Nota. Gráfica velocidad vs tiempo

En la siguiente gráfica se puede evidenciar la curva de la velocidad del rotor en Rad /seg, donde se aprecia que parte del reposo en el momento inicial y esta llega un punto máximo y es ahí donde se estabiliza indicando la velocidad máxima del mismo.

Metodología para la elaboración del ciclo de conducción

A continuación, se presentará el procedimiento para la obtención de ciclos de conducción de la ciudad de Latacunga.

Según (Perez & Quito, 2018), los pasos para para la obtención de un ciclo de conducción son:

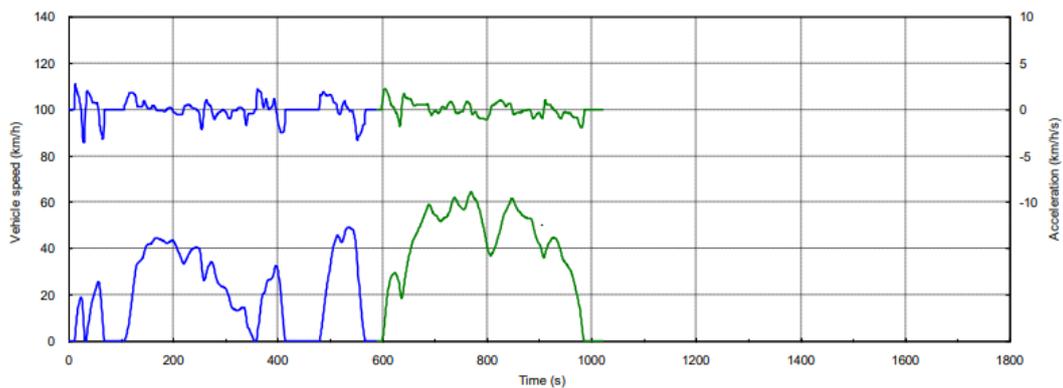
- Selección de rutas de prueba
- Selección del vehículo
- Método de toma de datos
- Selección de parámetros característicos del ciclo
- Levantamiento de datos

- Análisis de resultados

Esta metodología se basa en el método directo, que consiste en la representación de las condiciones reales del tráfico urbano de la ciudad de Latacunga como ejemplo tenemos el ciclo WLTC de clase 1.

Figura 89

Ciclo conducción WLTC clase 1



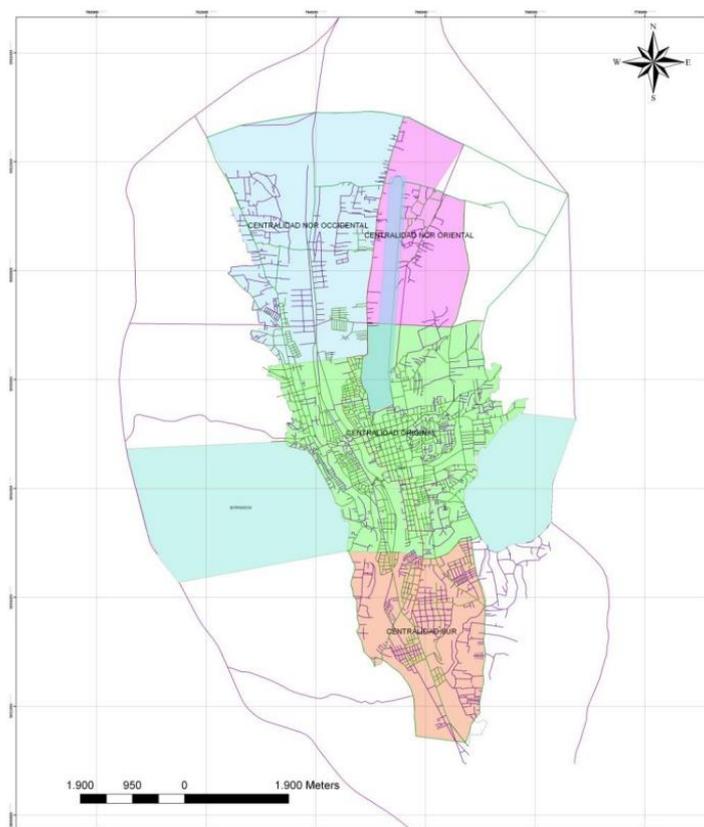
Nota. Tomado de (Tutuianu & Marotta, 2013)

La técnica para la obtención de datos será la On-Board, se aplicará condiciones normales de manejo, para la conducción se usará dos conductores para ver la incidencia del peso en el ciclo de conducción

Selección de rutas de prueba

División de la ciudad

La ciudad se organiza con base en el desarrollo de cuatro centralidades funcionales las cuales son nororiental, noroccidental, centralidad principal y centralidad sur.

Figura 90*División zona urbana cantón Latacunga*

Nota. Tomado de (Latacunga, 2020)

Las pruebas de ruta se realizarán de una manera que se recorra la mayor parte del cantón Latacunga.

a. La centralidad noroccidental

Cada zona tiene sus límites estimados, de acuerdo con (Latacunga, 2020), esta centralidad está conformada por:

“Tiene su centro físico en el área próxima al Mercado Mayorista (calle Jamaica hacia el norte) y los centros de educación superior que se asientan sobre la avenida Simón Rodríguez. Su área de influencia abarcaría un área que se desarrolla en el sur desde el límite sur del aeropuerto (Av. Javier Espinoza) hasta Patután por el norte y desde el

occidente del área urbana, hasta el límite occidental del aeropuerto. La avenida que separa el nororiental y el noroccidental es Av. Miguel Iturralde”.

La zona más conocida de esta centralidad es el mayorista, tiene algunas calles que la conectan con el resto de las centralidades de la ciudad de Latacunga.

b. La centralidad nororiental

Según (Latacunga, 2020), la centralidad nororiental está conformado por:

“Está constituida por el área consolidada de San Buenaventura (Calle sin numero la cual es intersección con la calle Panzaleos, hacia el norte) y complementada por el Parque de la Familia que se ubicará en el extremo norte del área urbana. Se desarrolla entre el límite occidental del área de influencia del aeropuerto y el paso lateral oriental, que se propone construir en un plazo mediano”.

Esta centralidad tiene como su zona más conocida el área de San Buenaventura, a esta zona también es muy conocida debido a lo cerca que se encuentra con el aeropuerto de Latacunga.

c. La centralidad principal

Según (Latacunga, 2020), la centralidad principal está conformada por:

“Desde el norte viene el límite sur del sector noroccidental del aeropuerto (Av. Javier Espinoza) y sector mayorista (calle Jamaica), del sector nororiental (Calle sin numero la cual es intersección con la calle Panzaleos), y el límite en el sur (Calle Eugenio Espejo, avenida primera de abril hacia el sur)”.

La centralidad sur

Según (Latacunga, 2020), la centralidad sur está conformada por:

“Se estructura con un conjunto de equipamientos que se ubica en las proximidades de la confluencia de los ríos Cutuchi y Pumacunchi (Calle Eugenio Espejo, avenida primera de abril hacia el sur) y en la margen izquierda de la Quebrada Miunicaza que proviene del lado oriental”.

Zonas de mayor afluencia vehicular

Las zonas de mayor afluencia vehicular ayudaran a realizar un ciclo de conducción más realista y obtener datos en horas pico de tráfico y horas normales o también conocidas como horas valle.

Según (GADML, 2015), las zonas que generan mayor afluencia vehicular son:

Tabla 20

Zonas con mayor afluencia vehicular

Zona	Calles
Centro comercial popular	Ubicado en la parte norte de la manzana entre la avenida Amazonas, 5 de Junio, Calle Antonio Vela y Calle Félix Valencia.
Mercado mayorista	Se ubica en la entrada norte de Latacunga sobre la avenida Eloy Alfaro
Plaza san Felipe (Canadá)	Ubicada en el sector San Felipe, en la calle Canadá entre Avenida Ibero Americana y Calle Simón Rodríguez
Plaza san Sebastián	Se ubica en la zona centro oriental ocupando una manzana cuyo lote está entre las calles Juan Abel Echeverría, Josefa Calixto, Isla Seymour e Isla San Bartolomé.

Nota. Tomado de (GADML, 2015)

Adicionalmente existen otras calles o avenidas las cuales se congestionan a partir de las 12 pm.

Según (central, 2022), las calles con más congestión vehicular son:

- Calle Fernando Sánchez de Orellana
- Calle Belisario Quevedo
- Márquez de Maenza
- Calle Quito
- Calle Tarqui
- Avenida Unidad Nacional

Sistema vial zona urbana de Latacunga

Después de conocer las zonas con más afluencia vehicular se procede a investigar el sistema vial de la zona urbana de Latacunga en donde se llevará a cabo las pruebas, para esto las principales vías son arteriales principales, secundarias y vías colectoras.

- d. Vías arteriales principales:** vías de servicio interior al límite urbano establecido por el GADML, sirven de articulación entre las vías estatales, provinciales y cantonales con las vías arteriales secundarias, dan accesibilidad a los equipamientos mayores de mercados, salud, educación y recreación. En el caso de Latacunga su sentido longitudinal preponderante es norte – sur, con parterre central y doble vía. (GADML, 2015)

Tabla 21

Vialidad urbana, arterias principales

Arteria principal		Vía	Longitud
Código	Sentido		M
AP 01	LONG. AVE.	Del calvario	3077.21
AP 01	LONG. AVE.	Simón Rodríguez	2033.71
AP 02	LONG. AVE.	Eloy Alfaro	9065.17
AP 02	LONG. AVE.	Miguel Iturralde Jaramillo	2361.28
AP 03	LONG. AVE.	Amazonas	6606.71

Arteria principal			Vía	Longitud
AP 04	LONG	CALLE	Quijano y Ordoñez	5507.46
AP 04	LONG.	AVE.	Unidad Nacional	2833.87
AP 05	TRANS.	AVE.	5 De Junio	1725.36
AP 06	TRANS.	CALLE	Félix Valencia	1150.25
AP 06	TRANS.	CALLE	Calixto Pino	65.87
TOTAL				34426.89

Nota. Tomado de (GADML, 2015)

Este grupo esta principalmente conformado por avenidas de largo tramo, que generalmente atraviesan casi toda la longitud de la zona urbana de Latacunga.

- e. Vías arteriales secundarias:** articulan las vías arteriales principales con las vías colectoras. Su función es la de dispersar el tráfico hacia las áreas residenciales y equipamientos barriales. (GADML, 2015)

Tabla 22

Vialidad urbana, arterias secundarias

Arteria principal			Vía	Longitud
Código	Sentido			M
AS 01	TRANS.	CALLE	De los minerales	1734.14
AS 02	TRANS.	CALLE	San Ignacio	3030.3
AS 03	TRANS.	CALLE	La cangagua	1030.57
AS 04	LONG.	AVE.	Iberoamericana	1801.79
AS 04	LONG.	CALLE	Raymundo Torres	266.13
AS 04	LONG	AVE.	Bolivia	4579.91
AS 05	LONG.	AVE.	Cotopaxi	1898.28
AS 05	LONG.	AVE.	Rio Cutuchi	913.49
AS 05	TRANS.	CALLE	Morona Santiago	161.36
AS 05	TRANS.	CALLE	Cañar	294.01

Arteria principal			Vía	Longitud
AS 05	TRANS.	CALLE	César Dávila	212.96
AS 05	TRANS.	CALLE	Marqués de Maenza	967.31
AS 05	TRANS.	AVE	Trajano Naranjo	814.99
AS 06	TRANS.	AVE	Benjamín Terán	639.54
AS 06	TRANS.	AVE	Antonio Clavijo	259.62
AS 06	TRANS.	AVE	Cristóbal Cepeda	456.98
AS 07	TRANS.	CALLE	Juan Abel Echeverría	1706.13
AS 08	TRANS.	CALLE	Isla Marchena	1969.07
AS 09	LONG.	CALLE	11 de Noviembre	1039.65
AS 09	TRANS.	CALLE	Sumaco	244.28
AS 10	TRANS.	AVE	Primero de abril	988.93
AS 11	LONG.	AVE	Rafael Cajiao	1271.82
TOTAL				26311.26

Nota. Tomado de (GADML, 2015)

La longitud de estas vías no es tan extensa, ya que su función es desahogar el tráfico de las vías principales, como el objetivo de la obtención del ciclo de conducción es tener un ciclo lo más realista se tratará de realizar las rutas de prueba en vías arteriales secundarias y colectoras ya que en estas son donde se producen la mayor congestión de tráfico.

- f. Vías colectoras:** Sirven de enlace entre las vías arteriales secundarias, y las locales, su función es distribuir el tráfico dentro de las distintas áreas urbanas; permiten accesos directos a sectores residenciales, recreativos, comerciales de menor escala. El abastecimiento para locales comerciales se realizará con vehículos de tonelaje menor (camionetas o furgones). (GADML, 2015)

Tabla 23

Vialidad urbana, arterias secundarias 2

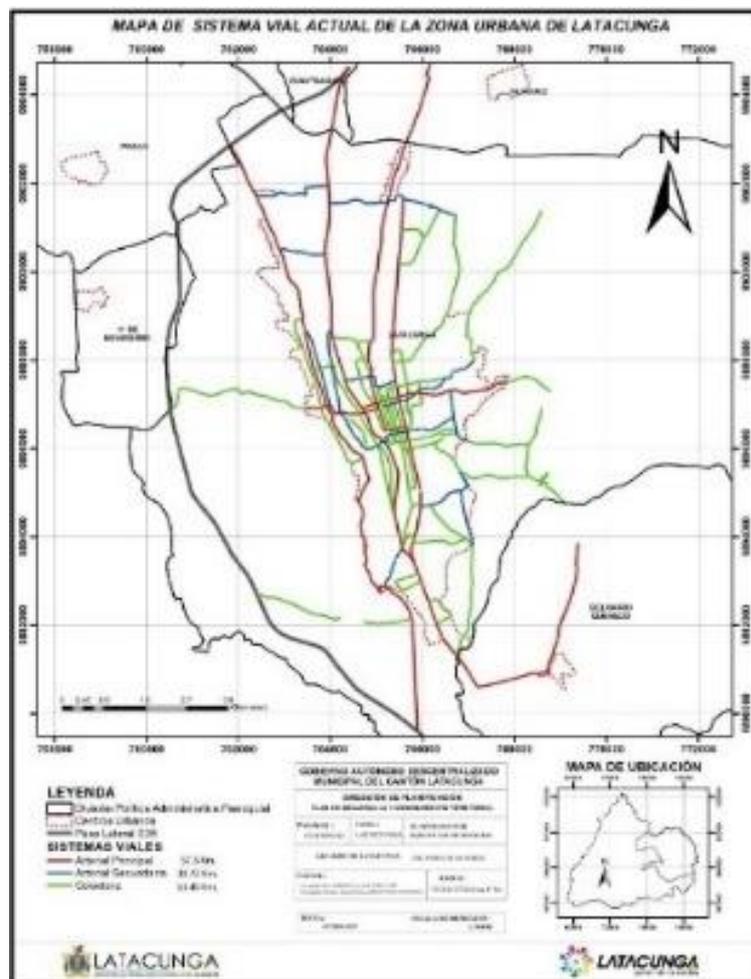
Arteria principal			Vía	Longitud
Código	Sentido			M
C 01	LONG.	CALLE	10 de Agosto	3893.43
C 02	TRANS.	CALLE	Paraguay	451.39
C 02	LONG.	AVE	Marco Aurelio Subía	3717.32
C 03	LONG.	CALLE	Remigio Romero y Cordero	1506.95
C 04	TRANS.	CALLE	Huascarán	662.25
C 04	LONG.	CALLE	Fujiyama	197.46
C 04	TRANS.	CALLE	Monte blanco	406.37
C 04	LONG.	CALLE	Domingo Carrillo	187.02
C 04	TRANS.	CALLE	Luis Mideros	297.46
C 05	TRANS.	CALLE	Imperial	140.05
C 05	TRANS.	CALLE	Ering	347.13
C 05	LONG.	AVE	José María Velasco Ibarra	860.53
C 06	TRANS.	CALLE	Javier Espinoza	304.5
C 07	TRANS.	CALLE	Camilo Ponce	178
C 07	LONG.	CALLE	Antonia Vela	1730.4
C 08	LONG.	CALLE	2 De Mayo	1335.34
C 09	LONG.	CALLE	Belisario Quevedo	1093.75
C 10	LONG.	CALLE	Quito	2558.52
C 10	LONG.	CALLE	De los Almendros	162.94
C 11	LONG.	CALLE	Sánchez de Orellana	2442.13
C 11	TRANS.	CALLE	Catalina Rivera	154.61
C 12	LONG.	CALLE	Luis de Anda	1140.66
C 12	LONG.	AVE	Napo	698.73
C 13	LONG.	CALLE	Oriente	1205.24
C 14	TRANS.	CALLE	San Bartolomé	624.87
C 14	LONG.	CALLE	Sin nombre	693.05
C 15	LONG.	CALLE	Panzaleos	4054.79

Arteria principal			Vía	Longitud
C 16	TRANS.	CALLE	Gral. Víctor Proaño	2118.71
C 17	TRANS.	CALLE	Calixto Pino	319.22
C 18	LONG.	CALLE	Río Yanayacu	495.19
C 18	LONG.	CALLE	Manabí	375.86
C 19	TRANS.	CALLE	Hermanas Páez	596.73
C 20	TRANS.	AVE	Rumiñahui	1188.06
C 20	TRANS.	CALLE	Los Ilinizas	399.03
C 21	TRANS.	CALLE	Chimborazo	346.79
C 21	LONG.	CALLE	Carihuayrazo	117.69
C 21	TRANS.	CALLE	Atahualpa	888.29
C 22	TRANS.	CALLE	Sin nombre	247.00
C 22	LONG.	CALLE	De los Algarrobos	807.37
C 23	LONG.	CALLE	Rafael Cajiao Enríquez	345.31
C 23	TRANS.	CALLE	Eucalipto	122.20
C 24	TRANS.	CALLE	La Civilización	1198.27
C 25	LONG.	CALLE	Sociedad de San Pablo	1287.3
C 26	LONG.	CALLE	Luigui Ripalda	1234.78
C 26	TRANS.	CALLE	Primero de abril	169.65
C 26	LONG.	CALLE	Putzalahua	1297.66
C 27	TRANS.	CALLE	Manuelita Baltazara	145.42
C 27	TRANS.	CALLE	De los Priostes	84.38
C 27	LONG.	CALLE	De La Mama Negra	480.3
C 27	TRANS.	CALLE	Sin Nombre	333.37
TOTAL				45192.08

Nota. Tomado de (GADML, 2015)

Figura 91

Mapa sistema vial zona urbana Latacunga



Nota. Obtenido de (GADML, 2015)

Asignación de rutas

Según (Perez & Quito, 2018) para la asignación de rutas los criterios que se recomienda tener en cuenta son:

- Avenidas principales que crucen la ciudad tanto en sentido Norte-Sur, Este-Oeste y viceversa.
- Rutas que atraviesen y cubran la ciudad.
- Según las rutas con mayor tráfico de acuerdo con los datos obtenidos.

- Las rutas que se seleccionen tanto su origen como destino deben estar cerca del centro de cada área principal, en caso de que estos centros sean inaccesibles se considerara el punto más cercano que sea accesible como punto de inicio o fin de la ruta.

Una vez que se conoce los criterios se procede a la selección de las rutas, en la siguiente tabla se definirá los puntos desde donde se iniciaran y terminaran las rutas desde cada sector en la ciudad de Latacunga, esto en función de las capacidades del vehículo el cual se someterá a estas rutas.

Tabla 24

Centralidades elegidas de cada zona urbana del cantón Latacunga

Nro.	Longitud	Latitud	Sector	Referencia más cercana al punto de salida
1	-0.909715	-78.633944	Noroccidental	Caja de Ahorro y crédito unión y progreso, intersección entre la Av. Simón Rodríguez y Cristo rey
2	-0.899067	-78.610548	Nororiental	En la calle san Francisco de Asís, con intersección a de la panadería santa Bárbara
3	-0.940179	-78.612184	Centralidad principal	Aki del sur, intersección Av. Atahualpa y Av. Unidad Nacional
4	-0.959389	-78.611777	Centralidad sur	Centro ferretero San Agustín. Av. Unidad Nacional

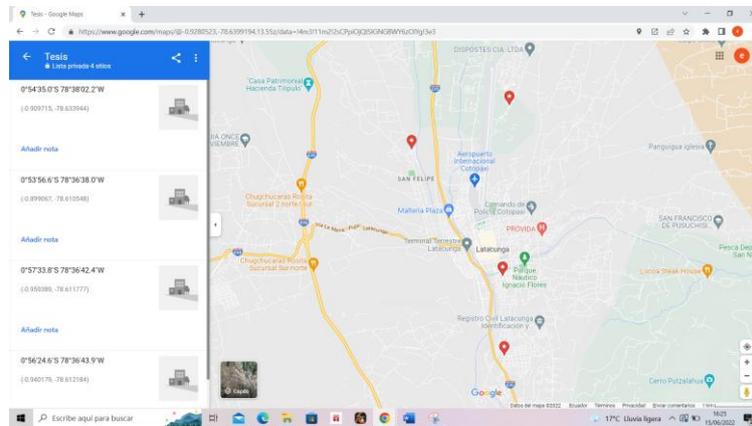
Nota. Ubicación exacta de los puntos de inicio y destino de las rutas

Puntos de inicio y finales de cada sector

La parte urbana de Latacunga está dividida en 4 zonas, para determinar los puntos de inicio u fin de las rutas de debe interconectar los centroides de cada zona.

Figura 92

Puntos céntricos elegidos de cada zona urbana de Latacunga



Nota. Puntos de la tabla 24 ubicados en Google maps

De las ubicaciones ya mencionadas en la tabla 24 nos planteamos los siguientes orígenes y destinos teniendo en cuenta que todas las rutas deben tener como punto medio el centro elegido para la centralidad principal, los orígenes y destinos se especificaran a continuación en la tabla 25.

Tabla 25

Orígenes y destinos de las rutas

Ruta	Origen	Destino
1	Noroccidental	Centralidad sur
2	Nororiental	Centralidad sur
3	Noroccidental	Nororiental

Nota. Zonas de inicios y destinos de las rutas

Como se indica en la tabla 25 se obtuvieron una cantidad de 3 rutas, también se considera el ida y uno de retorno en cada una de las rutas, en la siguiente tabla se establecerá las vías que intervienen en cada una de las rutas, con el correspondiente origen y destino, a las 3 rutas para obtener el ciclo de conducción se añadirán 2 rutas más para conocer la autonomía real de la motocicleta eléctrica desde un 100% de carga de la batería, estas atravesarán las calles más transitadas de la zona urbana del cantón Latacunga.

Tabla 26

Rutas

Ruta	Sentido	Origen	Destino	Avenidas/Calles
1	Noroccidental	Caja de Ahorro	Centro	Av. Simón Rodríguez, Av.
	- Centralidad sur	y crédito unión y progreso, intersección entre la Av. Simón Rodríguez y Cristo rey	ferretero San Agustín. Av. Unidad Nacional y La civilización	Iberoamericana, Paraguay, Av. Marco Aurelio Subia, Cañar, Av. Rumiñahui, C. Quito, Av. Atahualpa, Av. Unidad Nacional
	Centralidad sur - Noroccidental	Centro ferretero San Agustín. Av. Unidad Nacional y La civilización	Caja de Ahorro y crédito unión y progreso, intersección entre la Av. Simón Rodríguez y Cristo rey	Av. Unidad Nacional, Av. Rumiñahui, Av. Alberto Bareo Quevedo, J Carrera, Remigio Romero y Cordero, Av. Marco Aurelio Subia, Av. 5 de junio, Av. Iberoamericana, Av. Simón Rodríguez
	2	Centralidad sur - Nororiental	Centro ferretero San Agustín. Av. Unidad	En la calle san Francisco de Asís, con intersección a de la panadería santa

Ruta	Sentido	Origen	Destino	Avenidas/Calles
		Nacional y La civilización	Bárbara	Cristóbal Cepeda, Quijano y Ordoñez, San francisco de Asís
	Nororiental - Centralidad sur	En la calle san Francisco de Asís, con intersección a de la panadería santa Bárbara	Centro ferretero San Agustín. Av. Unidad Nacional y La civilización	San francisco de Asís, Quijano y Ordoñez, C. Ramírez y Fita, C. Gral. Maldonado, Quijano y Ordoñez, Av. Unidad Nacional
3	Nororiental - Noroccidental	En la calle san Francisco de Asís, con intersección a de la panadería santa Bárbara	Caja de Ahorro y crédito unión y progreso, intersección entre la Av. Simón Rodríguez y Cristo rey	San francisco de Asís, Quijano y Ordoñez, C. Félix Valencia, C. Napo, Calle Juan Abel Echeverria, Quijano y Ordoñez, C. Ramírez y Fita, C. Gral. Maldonado, Quijano y Ordoñez, Av. Unidad Nacional, Av. Rumiñahui, Av. Alberto Bareo Quevedo, J Carrera, Remigio Romero y Cordero, Av. Marco Aurelio Subia, Av. 5 de junio, Av. Iberoamericana, Av. Simón Rodríguez
	Noroccidental – Nororiental	Caja de Ahorro y crédito unión y progreso, intersección entre la Av. Simón Rodríguez y Cristo rey	En la calle san Francisco de Asís, con intersección a de la panadería santa Bárbara	Av. Simón Rodríguez, Av. Iberoamericana, Paraguay, Av. Marco Aurelio Subia, Cañar, Av. Rumiñahui, C. Quito, Av. Atahualpa, Av. Unidad Nacional, Quijano y Ordoñez, C. Ramírez y Fita, C. Fernando Sánchez de Orellana, Av. Cristóbal Cepeda, Quijano y Ordoñez, San francisco de Asís,

Ruta	Sentido	Origen	Destino	Avenidas/Calles
4	Centralidad principal – Centralidad principal	En la calle Márquez de Maenza coordenadas (- 0.936132, - 78.610141)	Av. Atahualpa, coordenadas (- 0.939603,- 78.609754)	Márquez de Maenza, Quijano y Ordoñez, Tarqui, C. Fernando Sánchez de Orellana, Av. Cristóbal, C. Quito, Eugenio Espejo, Av. Unidad Nacional, Av. Atahualpa, C. Caraihuayrazo, C. Los Ilinizas, C. Santiago Zamora, Av. Rumiñahui, Av. Roosevelt, Márquez de Maenza, Quijano y Ordoñez, Tarqui, C. Fernando Sánchez de Orellana, Av. General Proaño, C. Quito, C. Calixto Pino, 2 de mayo, C. Félix Valencia, Quijano y Ordoñez, C. Juan Abel Echeverría, C. Gral. Maldonado, C. Belisario Quevedo, C. Guayaquil, Quijano y Ordoñez, C. Ramírez Fita, C. Fernando Sánchez de Orellana, C. Padre Salcedo. Quito, Tarqui, 2 de Mayo, Hermanas Páez, Quijano y Ordoñez, Márquez de Maenza, 2 de Mayo, Av. Rumiñahui, C. Santiago Zamora, Av. Atahualpa, Av. Roosevelt, C. Emilio Sandoval, C. Ayacucho, C. Marcelo Izurieta, C. Roosevelt, C. Ricardo Vázquez Razo, C. Ayacucho, C. Euclides Salazar, Av. Roosevelt, C. Dr. José Terán, C. Ayacucho, C. Padre Enrique Terán, Av. Roosevelt,

Ruta	Sentido	Origen	Destino	Avenidas/Calles
				Gabriela Mistral, Av. Roosevelt, Av. Atahualpa
5	Centralidad principal – Centralidad principal	En la calle Márquez de Maenza coordinadas (-0.936132, -78.610141)	En la Av. Atahualpa coordinadas (-0.939092, -78.608037)	Márquez de Maenza, Quijano y Ordoñez, Tarqui, C. Fernando Sánchez de Orellana, Av. Cristóbal, C. Quito, Eugenio Espejo, Av. Unidad Nacional, Av. Atahualpa, C. Caraihuayrazo, C. Los Ilinizas, C. Santiago Zamora, Av. Rumiñahui, Av. Roosevelt, Márquez de Maenza, Quijano y Ordoñez, Tarqui, C. Fernando Sánchez de Orellana, Av. General Proaño, C. Quito, C. Calixto Pino, 2 de Mayo, C. Félix Valencia, Quijano y Ordoñez, C. Juan Abel Echeverría, C. Gral. Maldonado, C. Belisario Quevedo, C. Guayaquil, Quijano y Ordoñez, C. Ramírez Fita, C. Fernando Sánchez de Orellana, C. Padre Salcedo. Quito, Tarqui, 2 de Mayo, Hermanas Páez, Quijano y Ordoñez, Márquez de Maenza, 2 de Mayo, Av. Rumiñahui, C. Santiago Zamora, Av. Atahualpa

Nota. Definición de rutas con origen, destino y calles por las que se realizara las rutas

En la tabla 27 se indica la cantidad de recorridos que se realizaran para obtener los datos necesarios para obtener el ciclo de conducción del cantón Latacunga.

Tabla 27

Cantidad de recorridos

Ruta	Persona	Sentido	Nro. de recorridos por sentido	Total, de recorridos en hora pico y horario natural
1	1	Noroccidental - Centralidad sur	1	2
		Centralidad sur - Noroccidental	1	
2	1	Nororiental - Centralidad sur	1	2
		Centralidad sur - Nororiental	1	
3	1	Noroccidental – Nororiental	1	2
		Nororiental - Noroccidental	1	
4	2	Noroccidental - Centralidad sur	1	2
		Centralidad sur - Noroccidental	1	
5	2	Nororiental - Centralidad sur	1	2
		Centralidad sur - Nororiental	1	
6	2	Noroccidental – Nororiental	1	2
		Nororiental - Noroccidental	1	
7	1	Centralidad principal- Centralidad Principal	1	1
8	2	Centralidad principal- Centralidad Principal	1	1
Total, de recorridos a realizar				14

Nota. Número de recorridos totales a realizar

Selección de parámetros

Según (Tutuianu & Marotta, 2013), los parámetros seleccionados serán de acuerdo con el ciclo WLTC clase 1 para vehículos de baja y media velocidad y estos se presentarán en la tabla 28, a estos parámetros se decidió asignar uno más el cual será la medida de voltaje de la batería después de finalizar cada ruta, esto para determinar la autonomía real:

Tabla 28

Parámetros de ciclo WLTC clase 1

Parámetro	Baja	Media	Total
Duración, s	589	433	1022
Duración de paradas, s	155	48	203
Distancia, m	3324	4767	8091
% Paradas	26.3%	11.1%	19.9%
Velocidad máxima, km/h	49.1	64.4	-
Velocidad media sin paradas, km/h	27.6	44.6	35.6
Velocidad media con paradas, km/h	20.3	39.6	28.5
Aceleración mínima, m/s²	-1.0	-0.6	-
Aceleración máxima, m/s²	0.8	0.6	-
Voltaje de la batería	-	-	-

Nota. Tomado de (Tutuianu & Marotta, 2013)

Vehículo

Cada vehículo está en una categoría, esta misma es definida por las características del vehículo.

Según (INEN, 2016), el vehículo Citycoco cumple con los requerimientos para la categoría L1, este vehículo cuenta con una potencia de 1500W, con una velocidad máxima inferior a los 45 km/h.

Figura 93

Motocicleta Citycoco elegida



Nota. Autores

A continuación, en la tabla 29 se presentará las características principales del vehículo

Tabla 29

Características principales vehículo

Especificaciones	Detalles
Velocidad máxima	30 km/h
Carga máxima	180 kg
Autonomía	20 – 70 km
Par máximo motor	41 N/m
Tipo de batería	Ion litio
Capacidad de la batería	12AH/20AH
Tensión nominal batería	60 V
Modelo del motor	Motor DC sin escobillas

Especificaciones	Detalles
Potencia nominal motor	1500 W
Tensión nominal motor	60 V

Nota. Tomado de (chile, 2020)

Dispositivo de toma de datos

Existe una variedad de equipos con los cuales se puede obtener los datos de las pruebas, al igual que equipos también existen aplicaciones que pueden cumplir esta función de manera similar, una de ellas es Samsung Health.

“Samsung Health es una aplicación para Android con la que se podrá hacer un seguimiento de los pasos que has dado cada día, la distancia recorrida, así como ver los tramos en los que has corrido, montado en bici o realizado cualquier otro tipo de ejercicio. Esto te ayudará a saber el total de actividad realizado en tu día a día, también realiza una gráfica de velocidad y elevación vs tiempo”. (Jesus, 2022)

Se escogió esta aplicación para la recolección de datos, debido a que esta es una aplicación por así decirlo al alcance de todos quienes tengan un equipo Samsung y debido a la recolección de datos que ofrece como velocidad promedio, velocidad máxima, gráficas velocidad vs tiempo, entre otras.

Levantamiento de datos

Desarrollo de recorridos

Los 14 recorridos planteados se realizarán en tres intervalos de tiempos, generalmente en las horas pico de tráfico, estos serán de 7:00 a 8:00, 12:00 a 13:00 y de 17:00 a 18:00. El orden será el mismo en el que fue registrado en la tabla 26

El tiempo estimado para realizar estas pruebas, debido al tiempo de carga de la motocicleta eléctrica es de dos semanas Existe una variedad de equipos con los cuales se

puede obtener los datos de las pruebas, al igual que equipos también existen aplicaciones que pueden cumplir esta función de manera similar, una de ellas es Samsung Healt.

“Samsung Health es una aplicación para Android con la que se podrá hacer un seguimiento de los pasos que has dado cada día, la distancia recorrida, así como ver los tramos en los que has corrido, montado en bici o realizado cualquier otro tipo de ejercicio. Esto te ayudará a saber el total de actividad realizado en tu día a día, también realiza una gráfica de velocidad y elevación vs tiempo”. (Jesus, 2022)

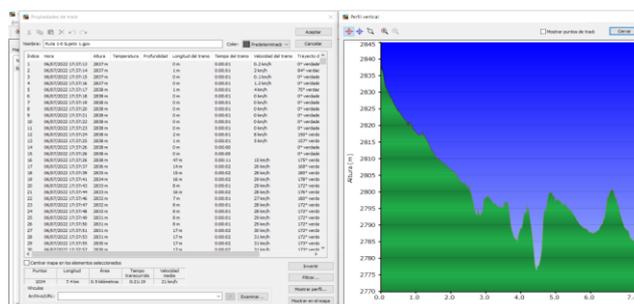
Se escogió esta aplicación para la recolección de datos, debido a que esta es una aplicación por así decirlo al alcance de todos quienes tengan un equipo Samsung y debido a la recolección de datos que ofrece como velocidad promedio, velocidad máxima, gráficas velocidad vs tiempo, entre otras.

Lectura de archivos GPX

Una vez que los recorridos fueron realizados, se generaron archivos GPX, para la lectura de estos se utilizara el software MapSource, en estos se podrá visualizar datos como: fecha, hora, altura, longitud, tiempo y velocidad, y estos datos se copiaran a Excel para realizar las tabulaciones las cuales estarán presentes en el capítulo IV, otra función que tiene este softwares es que no permite ver el perfil de elevación de la ruta.

Figura 94

Datos y perfil de elevación de una ruta vistos en el Software MapSource

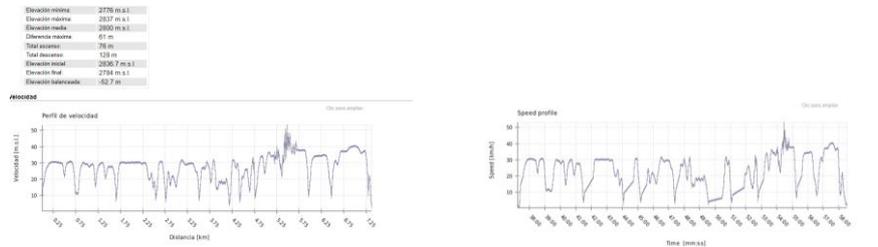


Nota. Datos extraídos a partir de los archivos GPX generados en las pruebas de rutas

Existe varias páginas web y software con las cuales se pueden obtener el mapa de ruta a partir del archivo gpx, originado en Samsung Health, se usó dos páginas web : utrack (http://utrack.crempa.net/index_es.php) en la cual se debe cargar el archivo gpx a la página web, entonces se generara un informe en el cual se podrá ver : gráficas de velocidad vs tiempo, elevaciones máximas, mínimas, entre otras y la segunda página web es gpsvisualizer (<http://www.gpsvisualizer.com/>) , la cual nos facilitará el trazado de la ruta en el mapa.

Figura 95

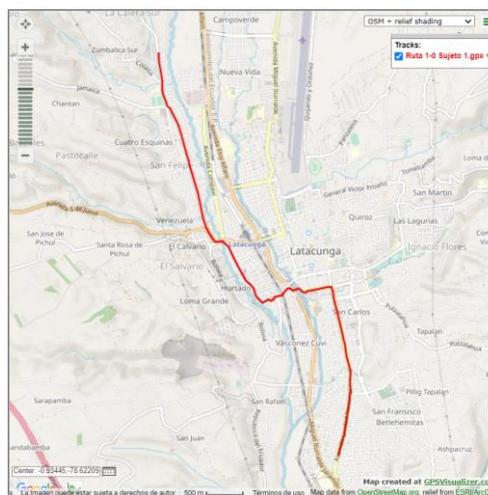
Informe Utrack



Nota. Informe de utrack, datos, diagramas y perfiles de elevación

Figura 96

Ruta marcada por gpsvisualizer



Nota. Ruta vista en Google maps

Capítulo IV

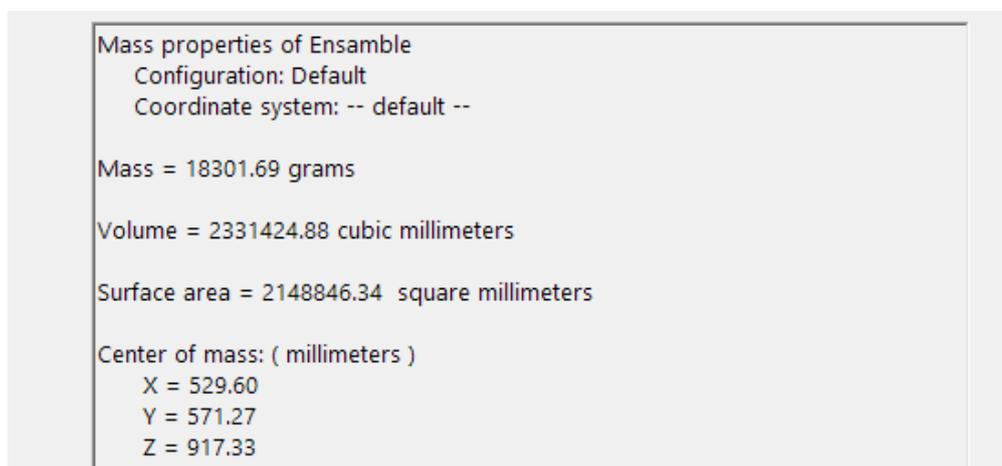
Análisis de Resultados Obtenidos con los Aparatos de Medición, Simulaciones y Pruebas de rutas

Simulaciones de la estructura de la motocicleta en software CAD

Se realizó un análisis estático de la estructura de la motocicleta mediante simulaciones, los datos de estas se presentarán a continuación, las cargas que se colocaron aumentaron paulatinamente para hallar la carga máxima que la estructura puede soportar antes de superar el límite elástico. Se decidió colocar como carga inicial 100 kg para ingresar al software CAD, los 100 kg deberán multiplicarse por la gravedad que es $9.81 \frac{m}{s^2}$, las cargas aumentarán cada 20 kg. También se debe tener en cuenta el peso de la estructura.

Figura 97

Peso de la estructura



Nota. Propiedades de la estructura

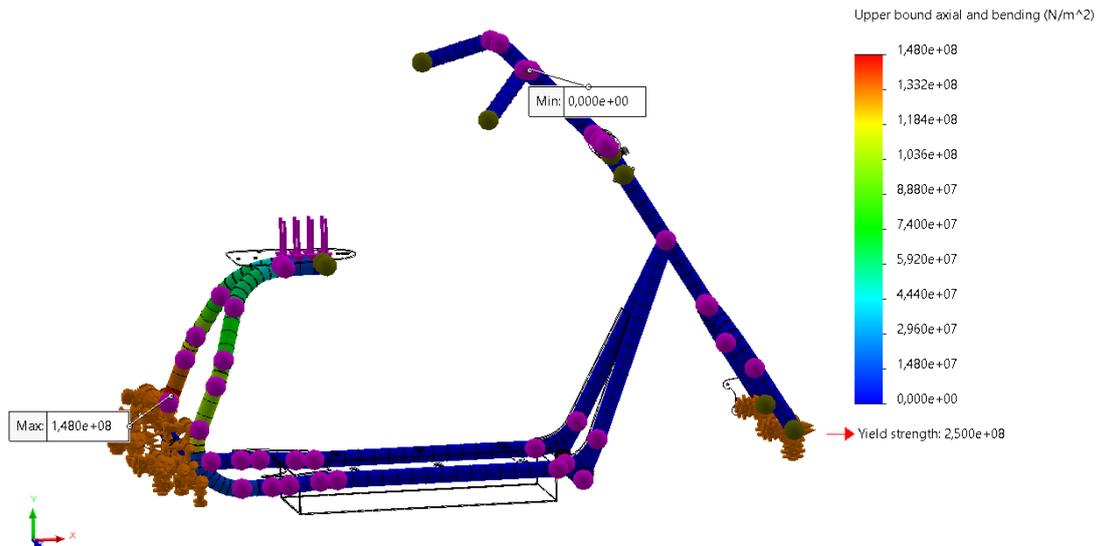
Con 18.3 kg de peso en la estructura, y un peso total de los demás componentes de 10 kg, para comprobar la capacidad para soportar los 180 kg, se simuló cargas para encontrar el límite de peso que puede soportar.

Simulaciones

- Simulación con 100 kg.

Figura 98

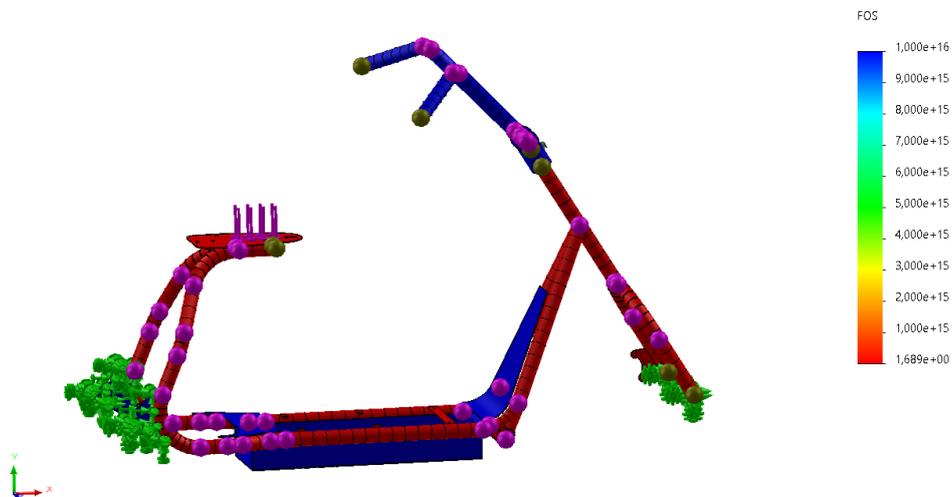
Gráfica límite superior axial y de flexión



Nota. Esfuerzo máximo menor al límite elástico, si cumple

Figura 99

Gráfica factor de seguridad

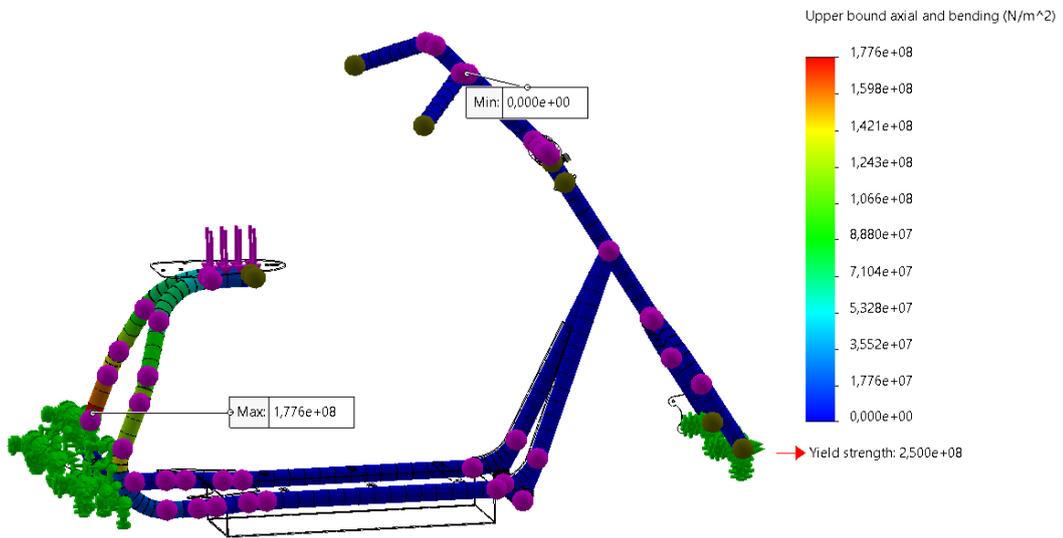


Nota. Factor de seguridad mayor 1, si cumple

- Simulación con 120 kg.

Figura 100

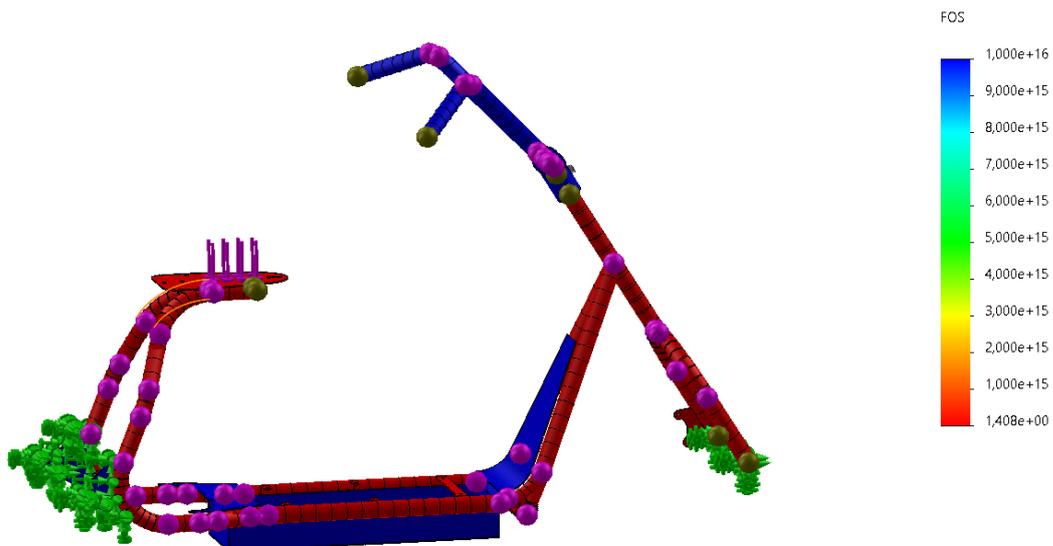
Gráfica límite superior axial y de flexión



Nota. Esfuerzo máximo menor al límite elástico, si cumple

Figura 101

Gráfica factor de seguridad

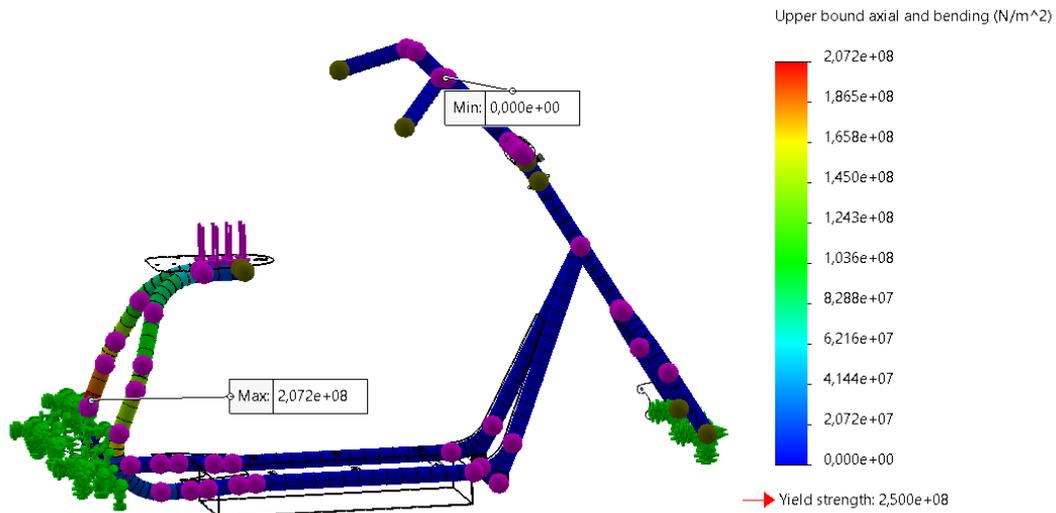


Nota. Factor de seguridad mayor a 1, si cumple

- Simulación con 140 kg.

Figura 102

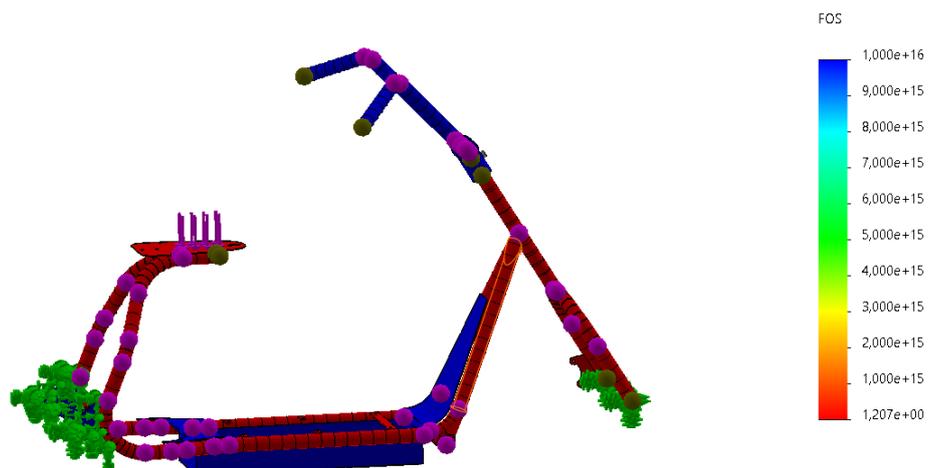
Gráfica límite superior axial y de flexión



Nota. Esfuerzo máximo menor al límite elástico, si cumple

Figura 103

Gráfica factor de seguridad

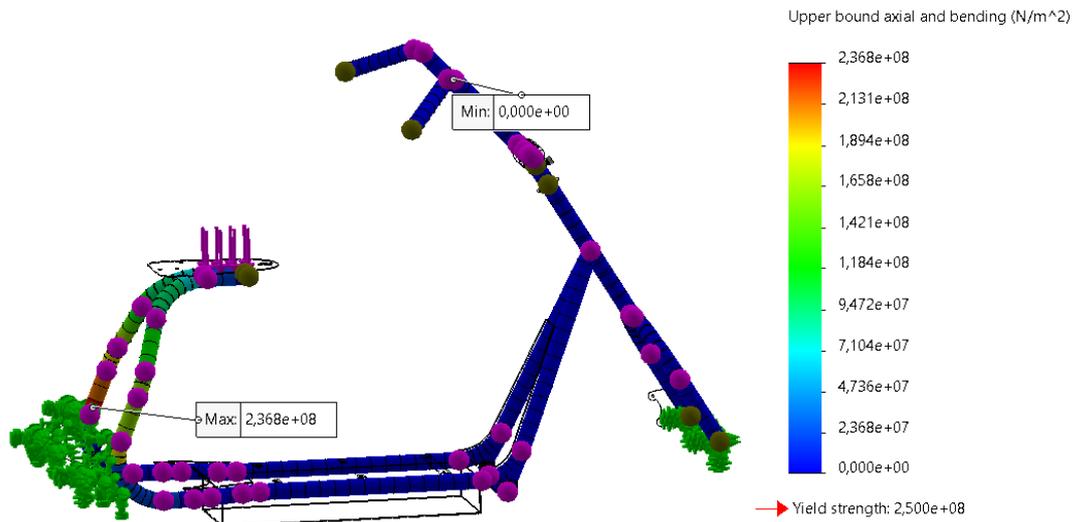


Nota. Factor de seguridad mayor a 1, si cumple

- Simulación con 160 kg.

Figura 104

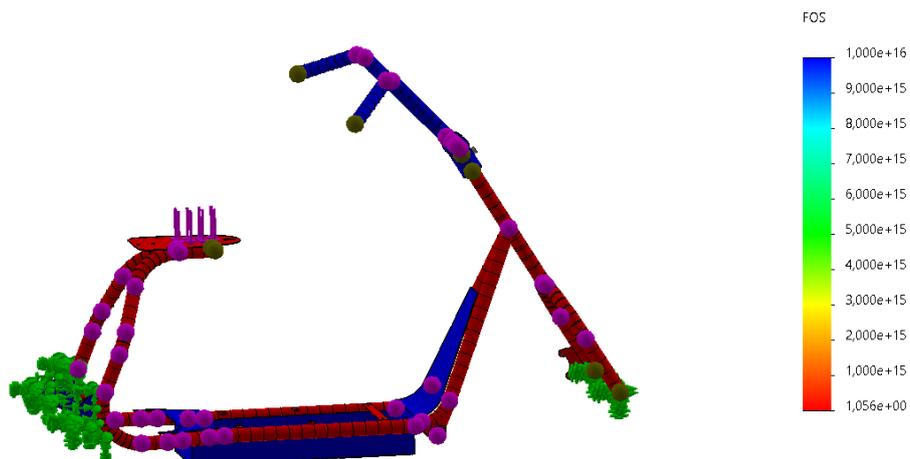
Gráfica límite superior axial y de flexión



Nota. Esfuerzo máximo menor al límite elástico, si cumple

Figura 105

Gráfica factor de seguridad

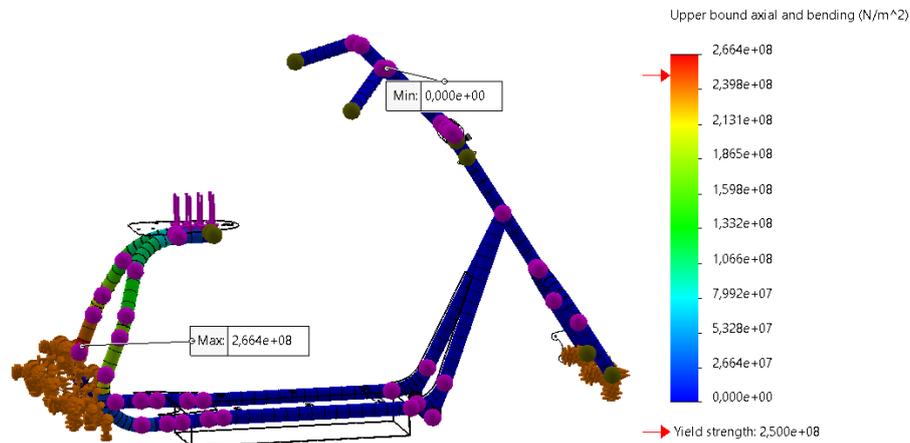


Nota. Factor de seguridad mayor a 1, si cumple

- Simulación con 180 kg.

Figura 106

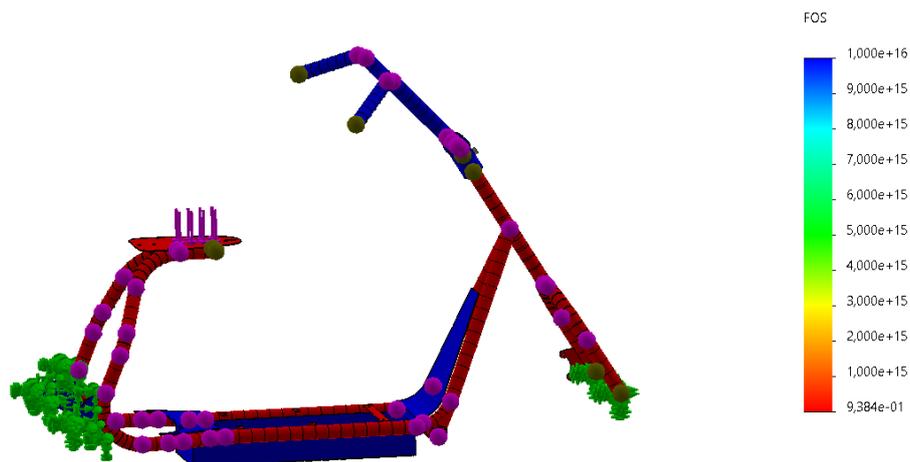
Gráfica límite superior axial y de flexión



Nota. Esfuerzo máximo mayor al límite elástico, no cumple

Figura 107

Gráfica factor de seguridad

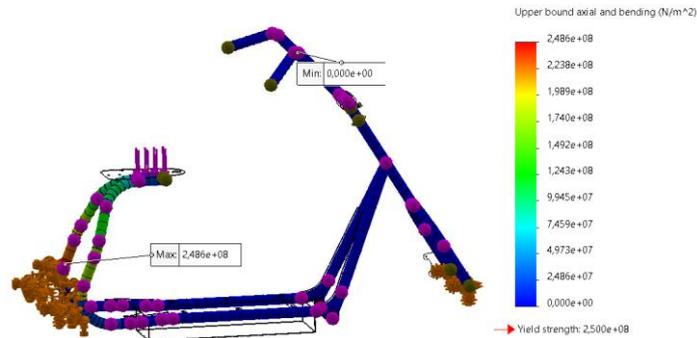


Nota. Factor de seguridad menor a 1, no cumple

La estructura fallo al ser sometida a un peso de 180 kg, a continuación, se presentará el valor máximo exacto que puede soportar sin superar el límite elástico.

Figura 108

Gráfica carga máxima que soporta la estructura



Nota. Autores

Después de realizar las simulaciones, se recaudó los datos que se presentaran en la tabla 30.

Tabla 30

Resultados de las simulaciones de cargas

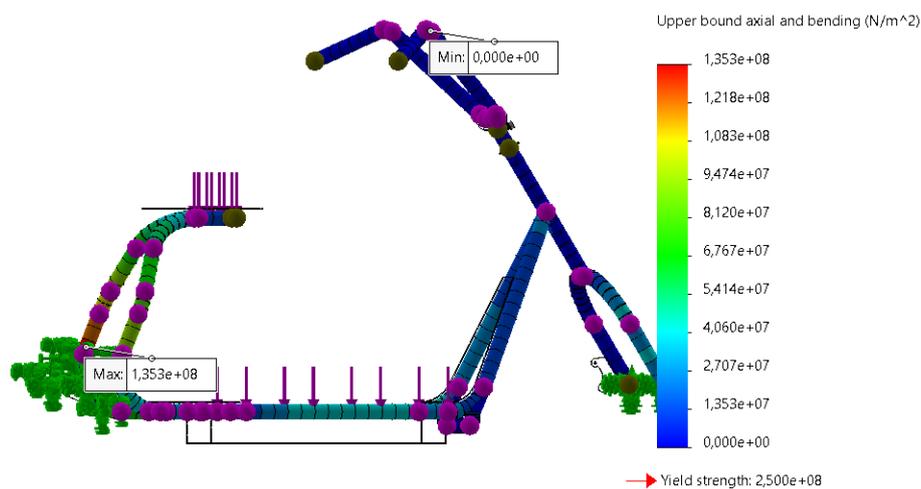
Masa (kg)	Fuerza (N)	Límite superior axial y de flexión (N/m ²)	Factor de seguridad (adimensional)	Soporta la estructura
100	981	1.48×10^8	1.689	Si
120	1177.2	1.776×10^8	1.408	Si
140	1373.4	2.072×10^8	1.207	Si
160	1569.6	2.368×10^8	1.056	Si
180	1765.8	2.664×10^8	0.9384	No
168	1648.08	2.486×10^8	1.005	Si

Nota. Tabla de esfuerzos y factor de seguridad

La carga máxima que esta descrita en la ficha técnica es de 180 kg, sin embargo, en esta carga está constando el peso de la estructura y demás componentes, solo la estructura tiene 18 kg, con estos supera a la carga máxima que es 180, cumpliendo con lo determinado en la ficha técnica, marcando así el límite de carga en la zona del asiento 168 kg. La caga puede ser distribuida, para probar esto se pondrá el peso de 89 kg del sujeto 1 que realizo las pruebas de ruta y los otros 79 kg se pondrán en la zona base de la estructura.

Figura 109

Gráfica carga distribuidas



Nota. Carga distribuida en asiento y base de la estructura

Como se puede visualizar la carga en la zona del asiento ha sido disminuida notablemente, sin embargo, aunque la estructura demuestre soportar la carga sin problema se planteó como máximo de carga los 168 kg esto debido a que, si se excede de este peso, la potencia del motor eléctrico será insuficiente para mover la motocicleta.

Definición de la ruta 1: Noroccidental – Centralidad sur

Características de la ruta 1

Se realizó un recorrido por cada sujeto de prueba en los dos sentidos, el recorrido de la ruta 1 será explicado en la tabla 31.

Tabla 31

Características de la ruta 1

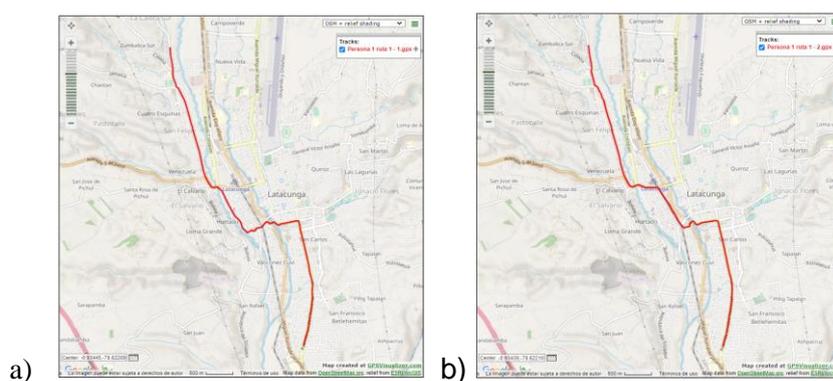
Ruta	Sentido	Origen	Destino	Avenidas/Calles	Distancia
1	Noroccidental	Caja de	Centro	Av. Simón Rodríguez,	7.4 km
	- Centralidad sur	Ahorro y crédito unión y progreso, intersección entre la Av. Simón Rodríguez y Cristo rey	ferretero San Agustín. Av. Unidad Nacional y La civilización	Av. Iberoamericana, Paraguay, Av. Marco Aurelio Subia, Cañar, Av. Rumiñahui, C. Quito, Av. Atahualpa, Av. Unidad Nacional	
	Centralidad sur - Noroccidental	Centro ferretero San Agustín. Av. Unidad Nacional y La civilización	Caja de Ahorro y crédito unión y progreso, intersección entre la Av. Simón Rodríguez y Cristo rey	Av. Unidad Nacional, Av. Rumiñahui, Av. Alberto Bareo Quevedo, J Carrera, Remigio Romero y Cordero, Av. Marco Aurelio Subia, Av. 5 de junio, Av. Iberoamericana, Av. Simón Rodríguez	7.3 km

Nota. Características de la ruta y calles por las que atraviesa

En la figura 110 se presentará el recorrido de la ruta 1 en ambos sentidos vistos desde un mapa.

Figura 110

Recorrido ruta 1. a) Noroccidental – Centralidad Sur, b) Centralidad Sur – Noroccidental



Nota. Recorrido de la ruta visto desde Google Maps

Perfil de elevación de la ruta 1

En la tabla 32 se presentará las características del perfil de elevación de la ruta 1, en sentido Noroccidental – Centralidad sur (Figura 111) y Centralidad sur – Noroccidental (Figura 112).

Tabla 32

Características del perfil de elevación

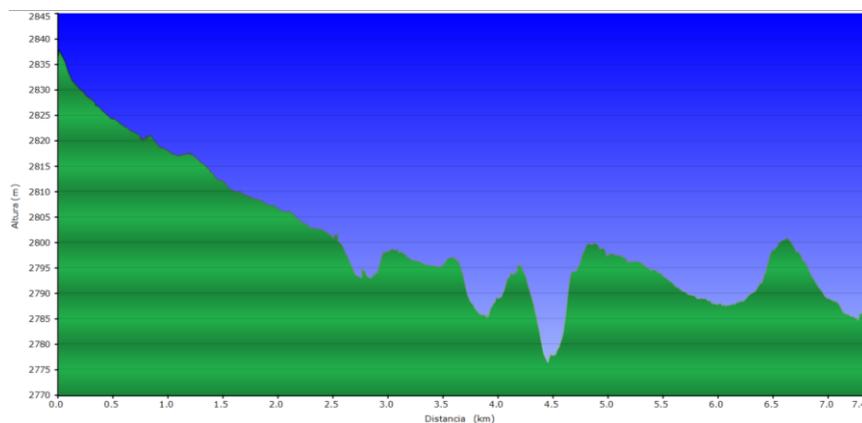
Sentido	Noroccidental – Centralidad Sur	Centralidad Sur – Noroccidental
Elevación mínima m.s.l.	2776	2775
elevación máxima m.s.l.	2837	2827
Elevación promedio m.s.l.	2800	2797.7
Ascenso total m	76	118
Descenso total m	128	79
Elevación de inicio m.s.l.	2836.7	2788.6

Sentido	Noroccidental – Centralidad Sur	Centralidad Sur – Noroccidental
Elevación final m.s.l.	2784	2827

Nota. Datos de perfil de elevación de la ruta

Figura 111

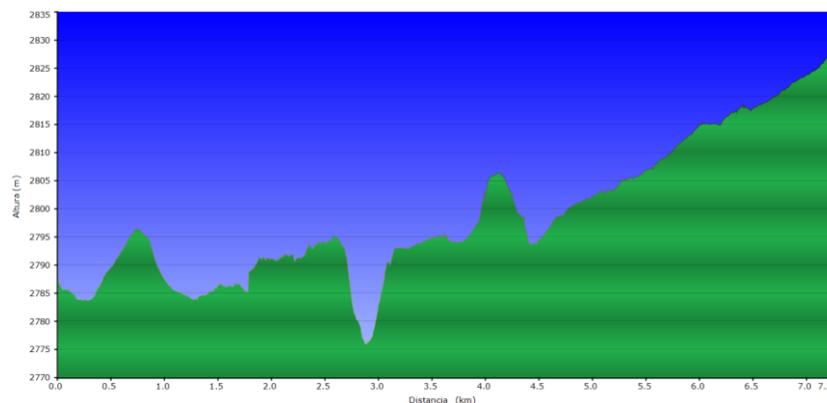
Perfil elevación ruta 1: Noroccidental – Centralidad Sur



Nota. Gráfica perfil de elevación de la ruta

Figura 112

Perfil elevación ruta 1: Centralidad Sur - Noroccidental



Nota. Gráfica perfil de elevación de la ruta

Datos obtenidos de la ruta 1

En la tabla 33 se presentarán datos como: velocidad media, tiempo total, distancia total, tiempo de manejo y numero de paradas estos datos serán tomados de la página web utrack y Samsung health, adicional a estos datos se presentará el voltaje inicial y final de la batería.

Tabla 33*Datos obtenidos de las pruebas de ruta*

Sujeto	Sentido	Velocidad media (km/h)	Velocidad máxima (km/h)	Tiempo de manejo (seg)	Distancia recorrida (km)	Voltaje inicial (V)	Voltaje Final (V)
1	Noroccidental – Centralidad sur	23.4	53	1279	7.4	67	60.8
1	Centralidad sur – Noroccidental	24.8	35.2	1214	7.3	60.8	57.6
2	Noroccidental – Centralidad sur	28.1	40.3	1069	7.4	67	60.8
2	Centralidad sur – Noroccidental	26.1	39.6	1073	7.3	60.8	57.6

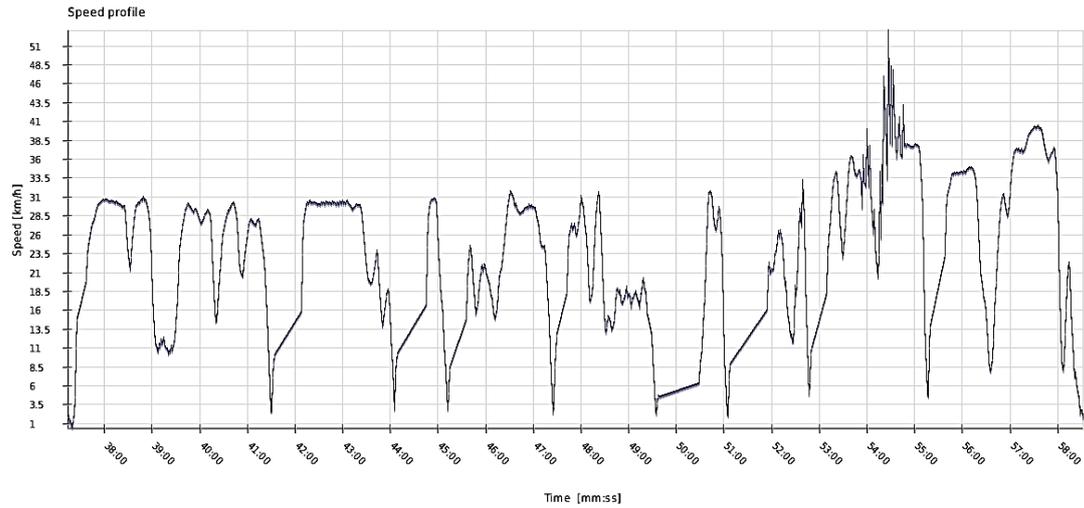
Nota. Velocidades máximas y medias, distancias, tiempo y voltaje final de cada ruta

Ciclo de conducción de la ruta 1

A continuación, las siguientes figuras mostrarán los ciclos de conducción de la ruta 1 con los recorridos 1, 2, 3 y 4.

Figura 113

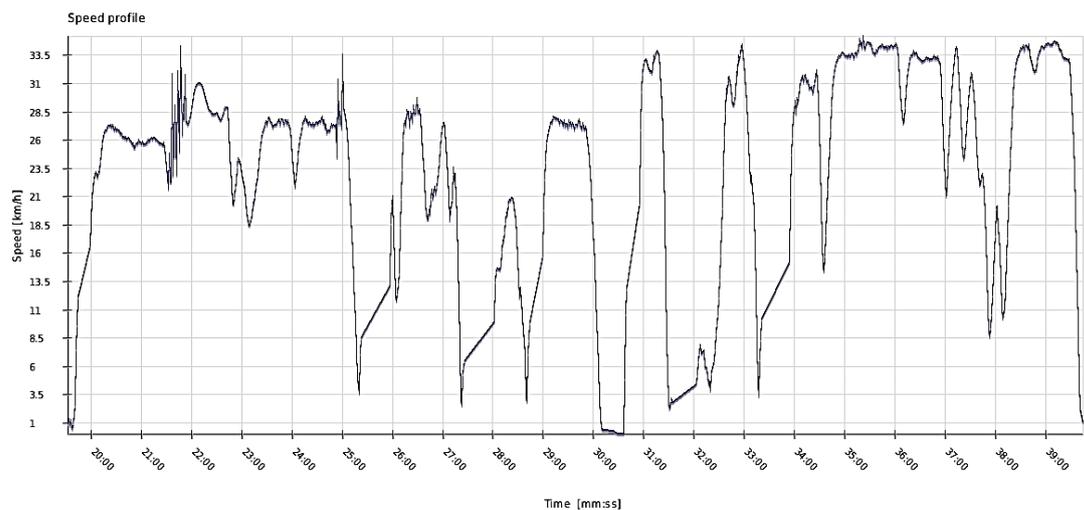
Ciclo conducción ruta 1 – Sujeto 1: Noroccidental – Centralidad Sur



Nota. Gráfica Velocidad vs tiempo recorrido en la ruta

Figura 114

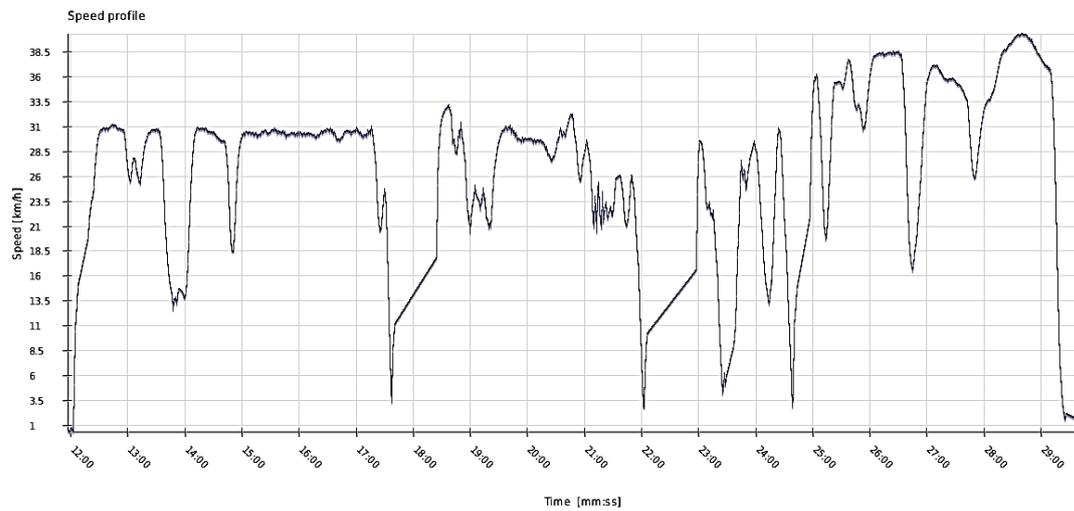
Ciclo conducción ruta 1 – Sujeto 1: Centralidad Sur – Noroccidental



Nota. Gráfica Velocidad vs tiempo recorrido en la ruta

Figura 115

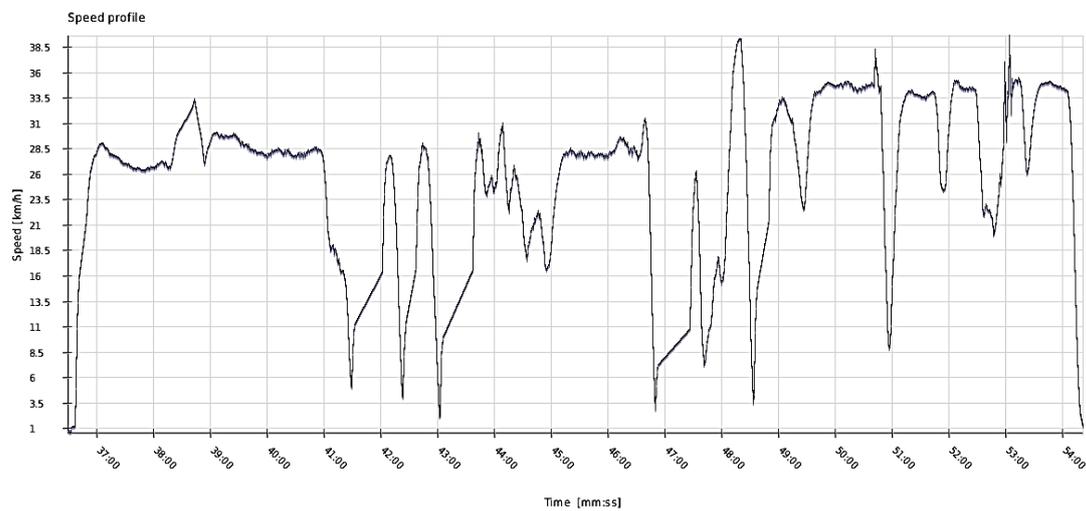
Ciclo conducción ruta 1 – Sujeto 2: Noroccidental– Centralidad Sur



Nota. Gráfica Velocidad vs tiempo recorrido en la ruta

Figura 116

Ciclo conducción ruta 1 – Sujeto 2: Centralidad Sur – Noroccidental



Nota. Gráfica Velocidad vs tiempo recorrido en la ruta

Definición de la ruta 2:

Características de la ruta 2

Se realizó un recorrido por cada sujeto de prueba en los dos sentidos, el recorrido de la ruta 2 será explicado en la tabla 34.

Tabla 34

Características de la ruta 2

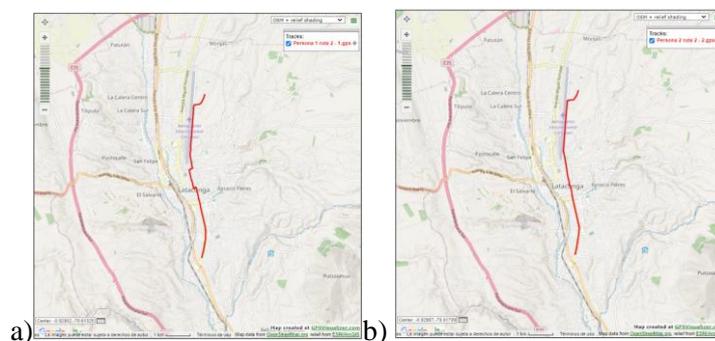
Ruta	Sentido	Origen	Destino	Avenidas/Calles	Distancia
2	Centralidad sur - Nororiental	Centro ferretero San Agustín. Av. Unidad Nacional y La civilización	En la calle san Francisco de Asís, con intersección a de la panadería santa Bárbara	Av. Unidad Nacional, Quijano y Ordoñez, C. Ramírez y Fita, C. Fernando Sánchez de Orellana, Av. Cristóbal Cepeda, Quijano y Ordoñez, San francisco de Asís	7.4 km
	Nororiental - Centralidad sur	En la calle san Francisco de Asís, con intersección a de la panadería santa Bárbara	Centro ferretero San Agustín. Av. Unidad Nacional y La civilización	San francisco de Asís, Quijano y Ordoñez, C. Ramírez y Fita, C. Gral. Maldonado, Quijano y Ordoñez, Av. Unidad Nacional	7.2 km

Nota. Características de la ruta y calles por las que atraviesa

En la figura 117 se presentará el recorrido de la ruta 2 en ambos sentidos vistos desde un mapa.

Figura 117

Recorrido ruta 2. a) Centralidad Sur – Nororiental, b) Nororiental – Centralidad Sur



Nota. Recorrido de la ruta visto desde Google Maps

Perfil de elevación de la ruta 2

En la tabla 35 se presentará las características del perfil de elevación de la ruta 1, en sentido Centralidad sur – Nororiental (Figura 118) y Nororiental - Centralidad sur (Figura 119).

Tabla 35

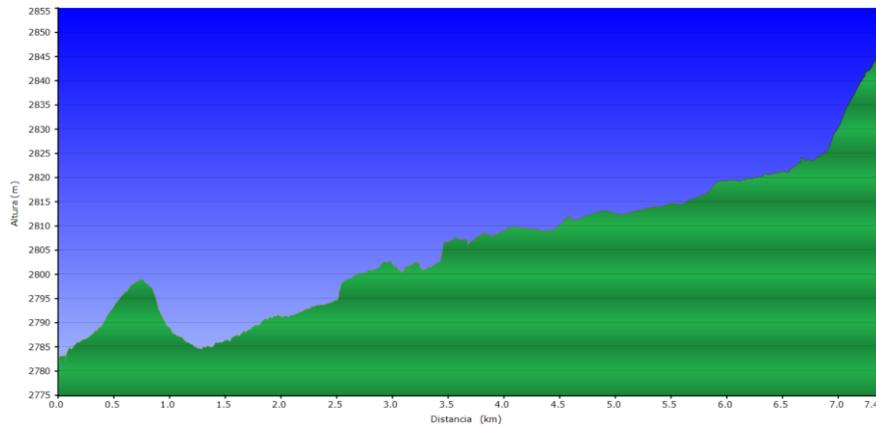
Características del perfil de elevación

Sentido	Centralidad Sur – Nororiental	Nororiental – Centralidad Sur
Elevación mínima m.s.l.	2782	2778
elevación máxima m.s.l.	2846	2857
Elevación promedio m.s.l.	2804.2	2804.5
Ascenso total m	104	48
Descenso total m	41	126
Elevación de inicio m.s.l.	2783.9	2857
Elevación final m.s.l.	2846	2779

Nota. Datos de perfil de elevación de la ruta

Figura 118

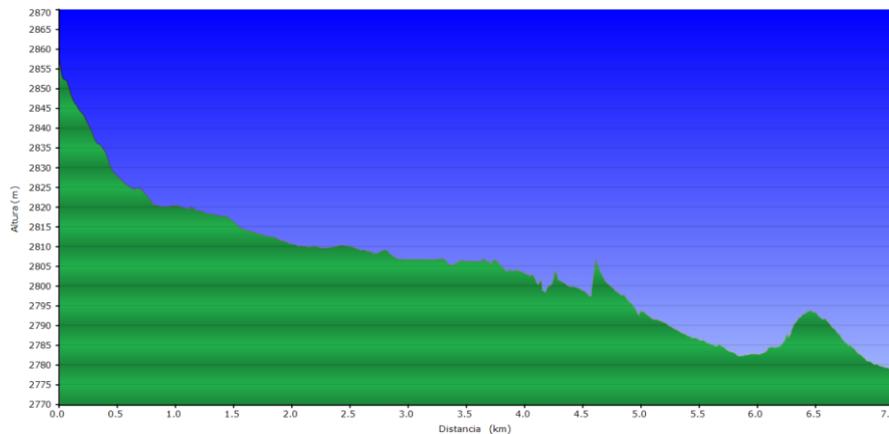
Perfil elevación ruta 2: Centralidad Sur – Nororiental



Nota. Gráfica perfil de elevación de la ruta

Figura 119

Perfil elevación ruta 2: Nororiental - Centralidad Sur



Nota. Gráfica perfil de elevación de la ruta

Datos obtenidos de la ruta 2

En la tabla 36 se presentarán datos como: velocidad media, tiempo total, distancia total, tiempo de manejo y número de paradas. Estos datos serán tomados de la página web *utrack* y *Samsung health*, adicional a estos datos se presentará el voltaje inicial y final de la batería.

Tabla 36*Datos obtenidos de las pruebas de ruta*

Sujeto	Sentido	Velocidad media (km/h)	Velocidad máxima (km/h)	Tiempo de manejo (seg)	Distancia recorrida (km)	Voltaje inicial (V)	Voltaje Final (V)
1	Centralidad sur – Nororiental	25.1	38.2	1191	7.4	67	60.2
1	Nororiental – Centralidad sur	25.2	37.5	1141	7.2	60.2	57.7
2	Centralidad sur – Nororiental	25.7	40.9	1061	7.4	67	61
2	Nororiental – Centralidad sur	24.8	38.1	1069	7.2	61	58

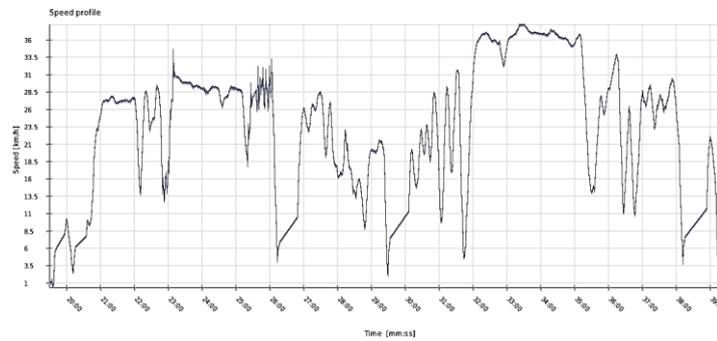
Nota. Velocidades máximas y medias, distancias, tiempo y voltaje final de cada ruta

Ciclo de conducción de la ruta 2

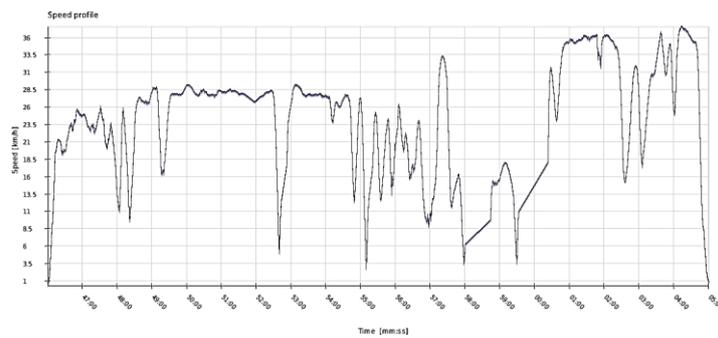
A continuación, las siguientes figuras mostrarán los ciclos de conducción de la ruta 2 con los recorridos 5, 6, 17 y 8.

Figura 120

Ciclo conducción ruta 2 – Sujeto 1: Centralidad Sur – Nororiental



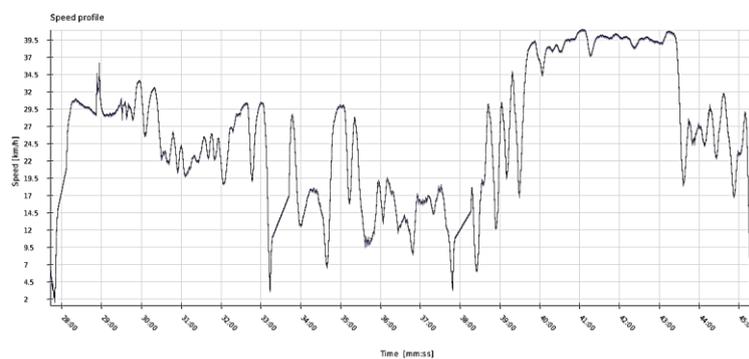
Nota. Gráfica Velocidad vs tiempo recorrido en la ruta

Figura 121 *Ciclo conducción ruta 2 – Sujeto 1: Nororiental – Centralidad Sur*

Nota. Gráfica Velocidad vs tiempo recorrido en la ruta

Figura 122

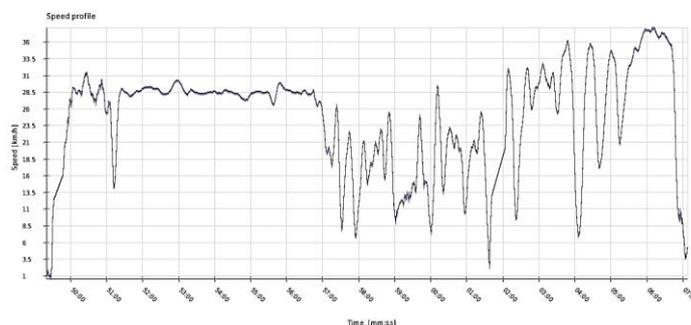
Ciclo conducción ruta 2 – Sujeto 2: Centralidad Sur – Nororiental



Nota. Gráfica Velocidad vs tiempo recorrido en la ruta

Figura 123

Ciclo conducción ruta 2 – Sujeto 2: Nororiental – Centralidad Sur



Nota. Gráfica Velocidad vs tiempo recorrido en la ruta

Definición de la ruta 3:

Características de la ruta 3

Se realizó un recorrido por cada sujeto de prueba en los dos sentidos, el recorrido de la ruta 3 será explicado en la tabla 37

Tabla 37

Características ruta 3

Ruta	Sentido	Origen	Destino	Avenidas/Calles	Distancia
3	Nororiental - Noroccidental	En la calle san Francisco de Asís, con intersección a de la panadería santa Bárbara	Caja de Ahorro y crédito unión y progreso, intersección entre la Av. Simón Rodríguez y Cristo rey	San francisco de Asís, Quijano y Ordoñez, C. Félix Valencia, C. Napo, Calle Juan Abel Echeverria, Quijano y Ordoñez, C. Ramírez y Fita, C. Gral. Maldonado, Quijano y Ordoñez, Av. Unidad Nacional, Av. Rumiñahui, Av. Alberto Bareo Quevedo, J Carrera, Remigio Romero y Cordero, Av. Marco	10.1 km

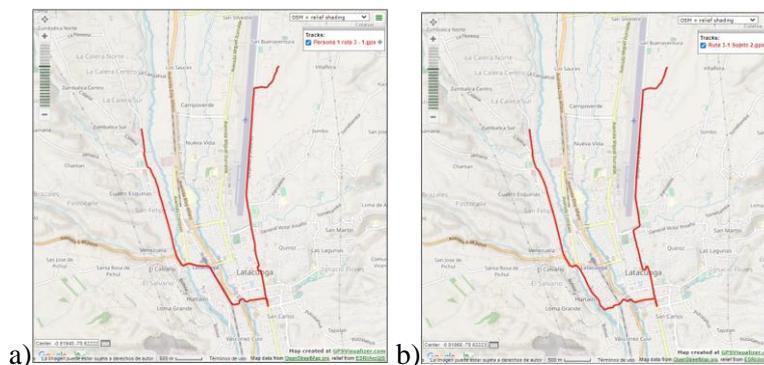
Ruta	Sentido	Origen	Destino	Avenidas/Calles	Distancia
				Aurelio Subia, Av. 5 de junio, Av. Iberoamericana, Av. Simón Rodríguez	
Noroccidental – Nororiental		Caja de Ahorro y crédito unión y progreso, intersección entre la Av. Simón Rodríguez y Cristo rey	En la calle san Francisco de Asís, con intersección a de la panadería santa Bárbara	Av. Simón Rodríguez, Av. Iberoamericana, Paraguay, Av. Marco Aurelio Subia, Cañar, Av. Rumiñahui, C. Quito, Av. Atahualpa, Av. Unidad Nacional, Quijano y Ordoñez, C. Ramírez y Fita, C. Fernando Sánchez de Orellana, Av. Cristóbal Cepeda, Quijano y Ordoñez, San francisco de Asís,	10.4 km

Nota. Características de la ruta y calles por las que atraviesa

En la figura 124 se presentará el recorrido de la ruta 3 en ambos sentidos vistos desde un mapa.

Figura 124

Recorrido ruta 3. a) Nororiental – Noroccidental, b) Noroccidental – Nororiental



Nota. Recorrido de la ruta visto desde Google Maps

Perfil de elevación de la ruta 3

En la tabla 38 se presentará las características del perfil de elevación de la ruta 1, en sentido Nororiental – Noroccidental (Figura 125) y Noroccidental - Nororiental (Figura 126).

Tabla 38

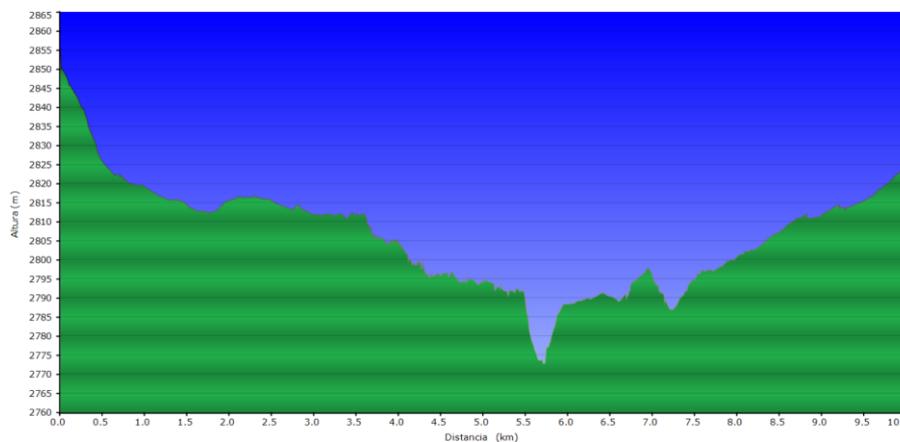
Características del perfil de elevación

Sentido	Nororiental – Noroccidental	Noroccidental – Nororiental
Elevación mínima m.s.l.	2772	2777
elevación máxima m.s.l.	2854	2848
Elevación promedio m.s.l.	2804.4	2807.8
Ascenso total m	132	172
Descenso total m	161	149
Elevación de inicio m.s.l.	2854	2825.2
Elevación final m.s.l.	2825	2848

Nota. Datos de perfil de elevación de la ruta

Figura 125

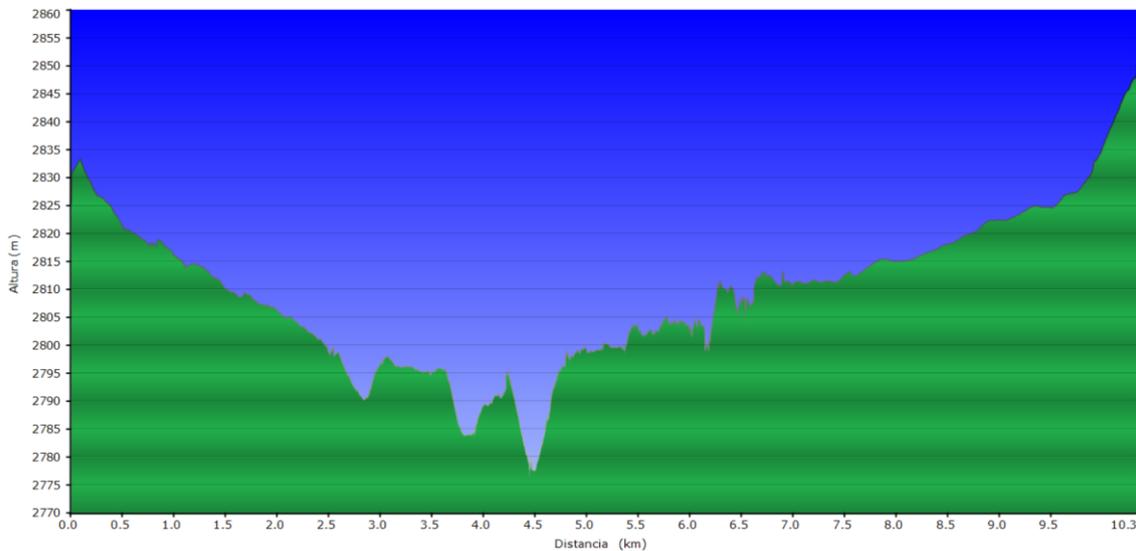
Perfil elevación ruta 3: Nororiental – Noroccidental



Nota. Gráfica perfil de elevación de la ruta

Figura 126

Perfil elevación ruta 3: Noroccidental - Nororiental



Nota. Gráfica perfil de elevación de la ruta

Datos obtenidos de la ruta 3

En la tabla 39 se presentarán datos como: velocidad media, tiempo total, distancia total, tiempo de manejo y numero de paradas estos datos serán tomados de la página web utrack y Samsung health, adicional a estos datos se presentará el voltaje inicial y final de la batería.

Tabla 39

Datos obtenidos de las pruebas de ruta

Sujeto	Sentido	Velocidad media (km/h)	Velocidad máxima (km/h)	Tiempo de manejo (seg)	Distancia recorrida (km)	Voltaje inicial (V)	Voltaje Final (V)
1	Nororiental – Noroccidental	24.7	40.2	1523	10.1	67	59.6
1	Noroccidental	22.1	37.9	1772	10.4	67	59.3

Sujeto	Sentido	Velocidad media (km/h)	Velocidad máxima (km/h)	Tiempo de manejo (seg)	Distancia recorrida (km)	Voltaje inicial (V)	Voltaje Final (V)
– Nororiental							
2	Nororiental – Noroccidental	23.4	43.7	1671	10.1	67	59.5
2	Noroccidental – Nororiental	26.7	39.2	1609	10.4	67	59.3

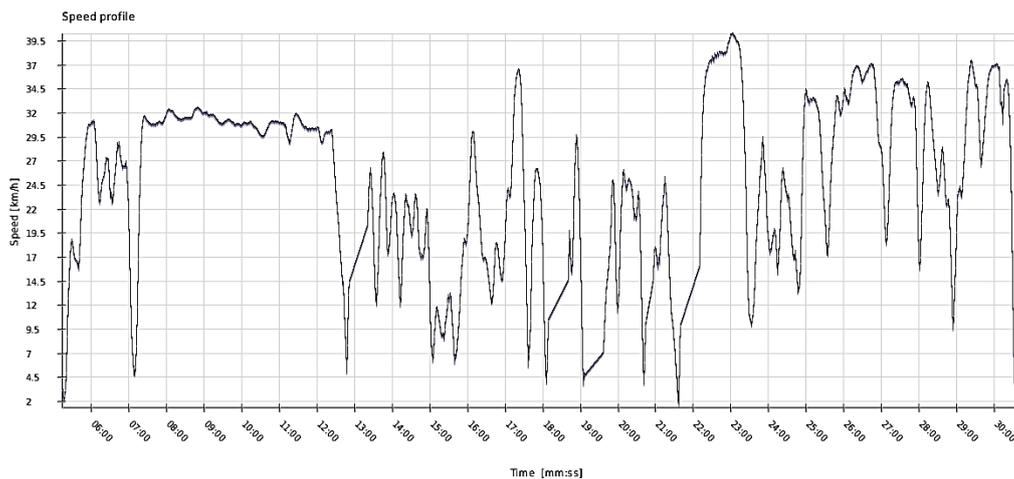
Nota. Velocidades máximas y medias, distancias, tiempo y voltaje final de cada ruta

Ciclo de conducción de la ruta 3

A continuación, las siguientes figuras mostrarán los ciclos de conducción de la ruta 3 con los recorridos 9, 10 ,11 y 12.

Figura 127

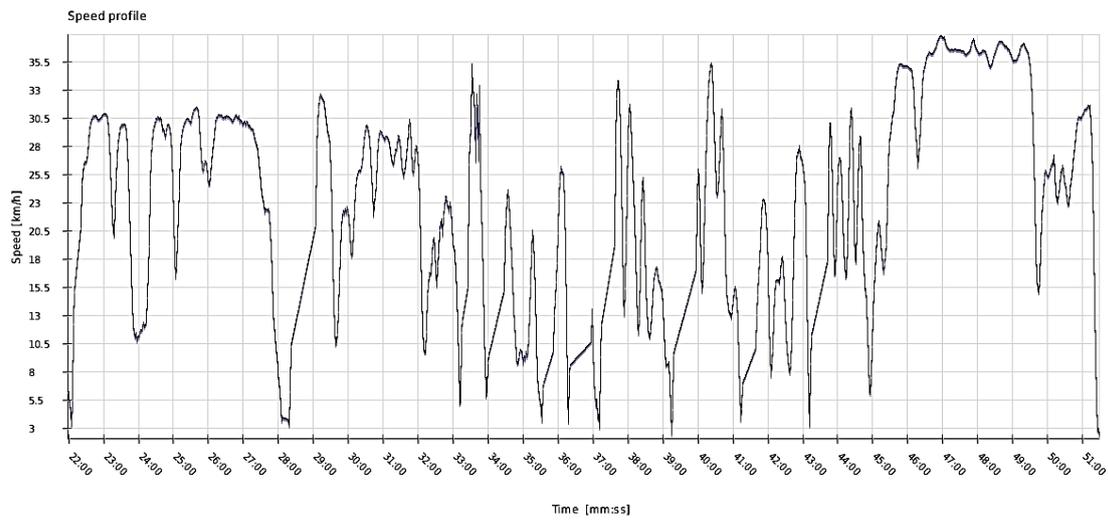
Ciclo conducción ruta 3 – Sujeto 1: Nororiental – Noroccidental



Nota. Gráfica Velocidad vs tiempo recorrido en la ruta

Figura 128

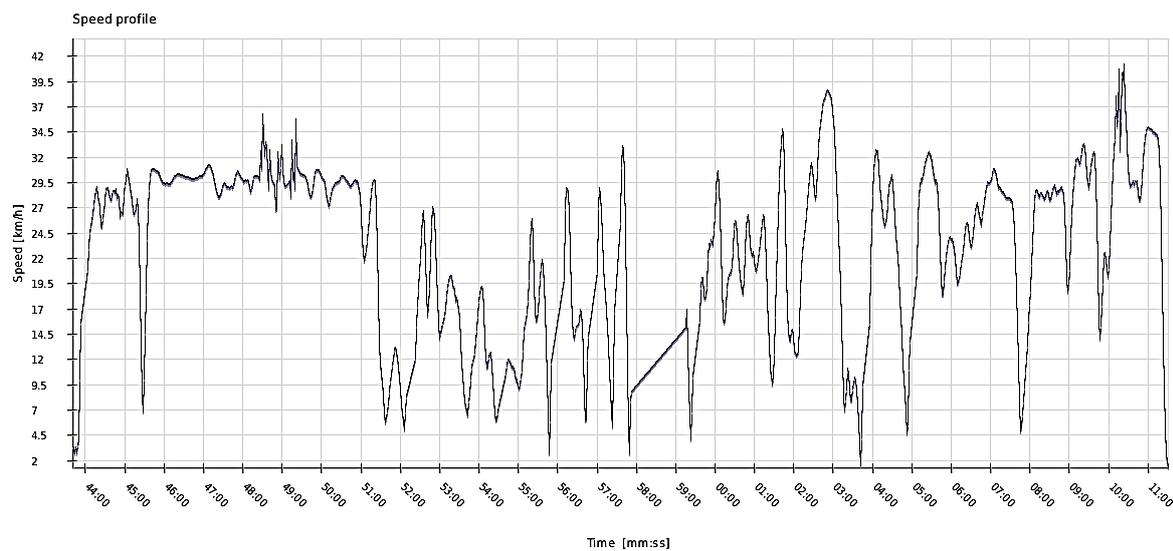
Ciclo conducción ruta 3 – Sujeto 1: Noroccidental – Nororiental



Nota. Gráfica Velocidad vs tiempo recorrido en la ruta

Figura 129

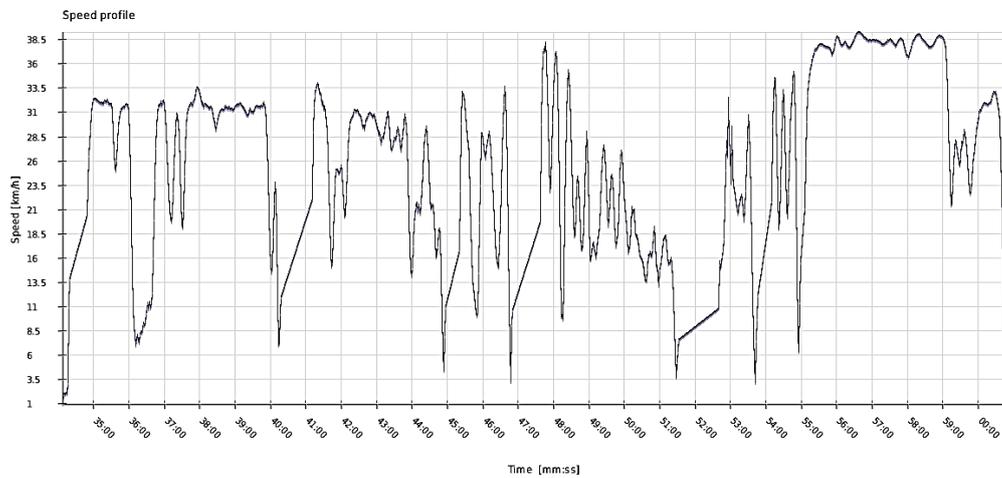
Ciclo conducción ruta 3 – Sujeto 2: Nororiental – Noroccidental



Nota. Gráfica Velocidad vs tiempo recorrido en la ruta

Figura 130

Ciclo conducción ruta 3 – Sujeto 2: Noroccidental – Nororiental



Nota. Gráfica Velocidad vs tiempo recorrido en la ruta

Definición de la ruta 4:

Características de la ruta 4

Se realizó un recorrido por cada sujeto de prueba en los dos sentidos, el recorrido de la ruta 4 será explicado en la tabla 40.

Tabla 40

Características ruta 4

Ruta	Sentido	Origen	Destino	Avenidas/Calles	Distancia
4	Centralidad principal – Centralidad principal	En la calle Márquez de Maenza coordenadas (-0.936132, -78.610141)	Av. Atahualpa, coordenadas (-0.939603, -78.609754)	Márquez de Maenza, Quijano y Ordoñez, Tarqui, C. Fernando Sánchez de Orellana, Av. Cristóbal, C. Quito, Eugenio Espejo, Av. Unidad Nacional, Av. Atahualpa, C. Caraihuayrazo, C. Los Ilinizas, C. Santiago Zamora, Av. Rumiñahui, Av. Roosevelt,	14.2 Km

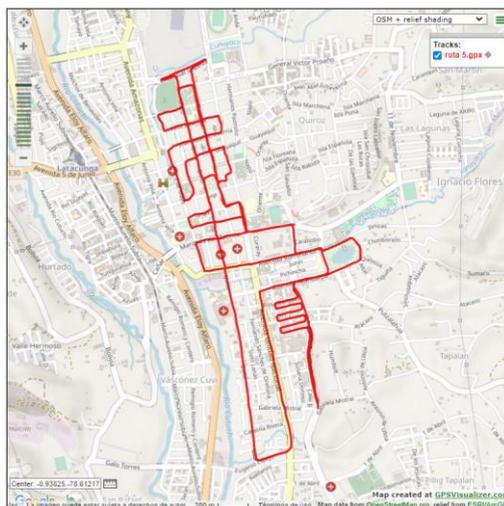
Ruta	Sentido	Origen	Destino	Avenidas/Calles	Distancia	
				Márquez de Maenza, Quijano y Ordoñez, Tarqui, C. Fernando Sánchez de Orellana, Av. General Proaño, C. Quito, C. Calixto Pino, 2 de Mayo, C. Félix Valencia, Quijano y Ordoñez, C. Juan Abel Echeverría, C. Gral. Maldonado, C. Belisario Quevedo, C. Guayaquil, Quijano y Ordoñez, C. Ramírez Fita, C. Fernando Sánchez de Orellana, C. Padre Salcedo. Quito, Tarqui, 2 de Mayo, Hermanas Páez, Quijano y Ordoñez, Márquez de Maenza, 2 de Mayo, Av. Rumiñahui, C. Santiago Zamora, Av. Atahualpa, Av. Roosevelt, C. Emilio Sandoval, C. Ayacucho, C. Marcelo Izurieta, C. Roosevelt, C. Ricardo Vázquez Razo, C. Ayacucho, C. Euclides Salazar, Av. Roosevelt, C. Dr. José Terán, C. Ayacucho, C. Padre Enrique Terán, Av. Roosevelt, Gabriela Mistral, Av. Roosevelt, Av. Atahualpa		

Nota. Características de la ruta y calles por las que atraviesa

En la figura 131 se presentará el recorrido de la ruta 4 vistos desde un mapa.

Figura 131

Recorrido ruta 4. Centralidad Principal



Nota. Recorrido de la ruta visto desde Google Maps

Perfil de elevación de la ruta 4

En la tabla 41 se presentará las características del perfil de elevación de la ruta 4 Centralidad principal – Centralidad principal (Figura 132).

Tabla 41

Características del perfil de elevación

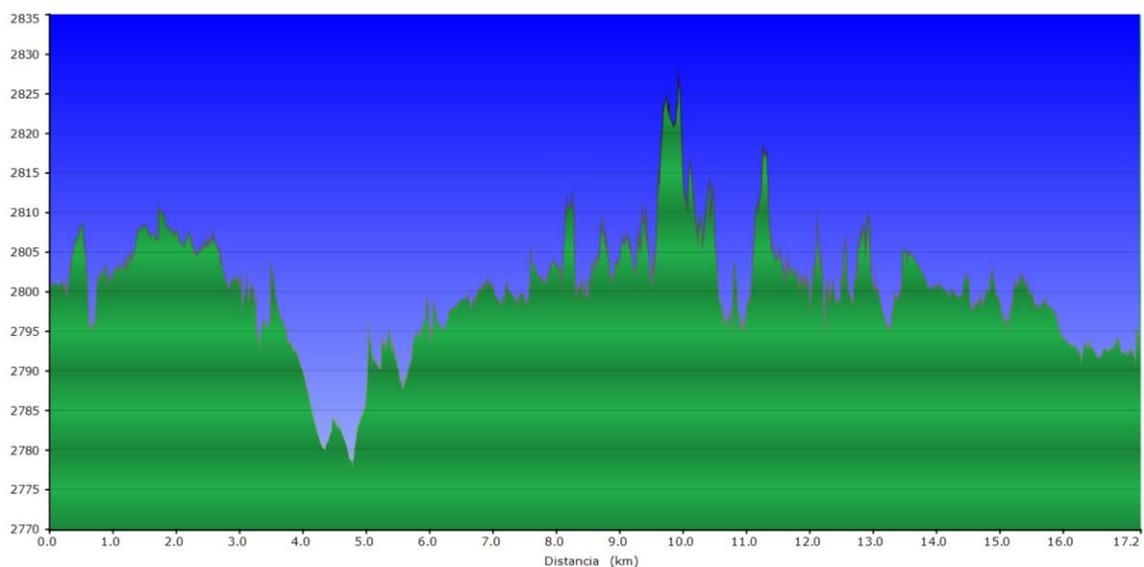
Sentido	Centralidad Principal – Centralidad Principal
Elevación mínima m.s.l.	2778
Elevación máxima m.s.l.	2827
Elevación promedio m.s.l.	2800.4
Ascenso total m	489
Descenso total m	496
Elevación de inicio m.s.l.	2799.5

Sentido	Centralidad Principal – Centralidad Principal
Elevación final m.s.l.	2792

Nota. Datos de perfil de elevación de la ruta

Figura 132

Perfil elevación ruta 4: Centralidad principal – Centralidad principal



Nota. Gráfica perfil de elevación de la ruta

Datos obtenidos de la ruta 4

En la tabla 42 se presentarán datos como: velocidad media, tiempo total, distancia total, tiempo de manejo y numero de paradas estos datos serán tomados de la página web utrack y Samsung health, adicional a estos datos se presentará el voltaje inicial y final de la batería.

Tabla 42

Datos obtenidos de las pruebas de ruta

Sujeto	Sentido	Velocidad media (km/h)	Velocidad máxima (km/h)	Tiempo de manejo (seg)	Distancia recorrida (km)	Voltaje inicial (V)	Voltaje Final (V)
1	Centralidad Principal – Centralidad Principal	15.2	32.7	5026	17.4	67	56.9

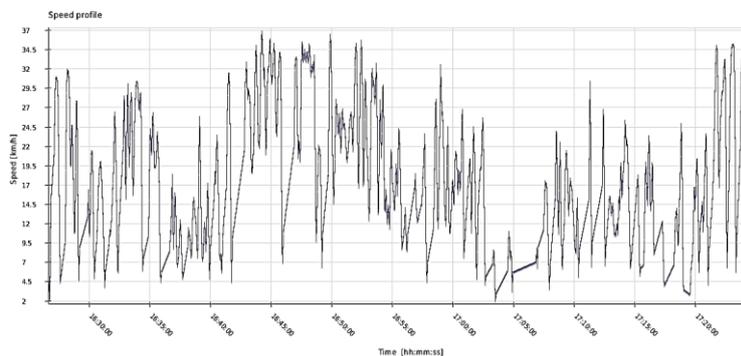
Nota. Velocidades máximas y medias, distancias, tiempo y voltaje final de cada ruta

Ciclo de conducción de la ruta 4

A continuación, en la figura 133 corresponde al ciclo de conducción para la ruta 4, la cual pertenece al recorrido 13.

Figura 133

Ciclo conducción ruta 4: Centralidad principal – Centralidad principal



Nota. Gráfica Velocidad vs tiempo recorrido en la ruta

Definición de la ruta 5:

Características de la ruta 5

Existe varias páginas web y software con las cuales se pueden obtener el mapa de ruta a partir del archivo gpx, originado en Samsung Health, se usó dos

Tabla 43

Características ruta 5

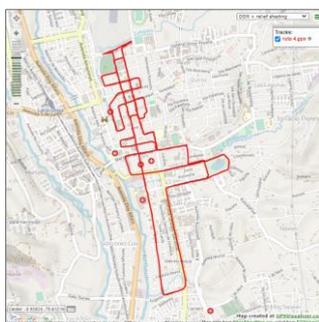
Ruta	Sentido	Origen	Destino	Avenidas/Calles
5	Centralidad principal – Centralidad principal	En la calle Márquez de Maenza coordenadas (-0.936132, -78.610141)	En la Av. Atahualpa coordenadas (-0.939092, -78.608037)	Márquez de Maenza, Quijano y Ordoñez, Tarqui, C. Fernando Sánchez de Orellana, Av. Cristóbal, C. Quito, Eugenio Espejo, Av. Unidad Nacional, Av. Atahualpa, C. Caraihuayrazo, C. Los Ilinizas, C. Santiago Zamora, Av. Rumiñahui, Av. Roosevelt, Márquez de Maenza, Quijano y Ordoñez, Tarqui, C. Fernando Sánchez de Orellana, Av. General Proaño, C. Quito, C. Calixto Pino, 2 de Mayo, C. Félix Valencia, Quijano y Ordoñez, C. Juan Abel Echeverría, C. Gral. Maldonado, C. Belisario Quevedo, C. Guayaquil, Quijano y Ordoñez, C. Ramírez Fita, C. Fernando Sánchez de Orellana, C. Padre Salcedo. Quito, Tarqui, 2 de Mayo, Hermanas Páez, Quijano y Ordoñez, Márquez de Maenza, 2 de Mayo, Av. Rumiñahui, C. Santiago Zamora, Av. Atahualpa

Nota. Características de la ruta y calles por las que atraviesa

En la figura 134 se presentará el recorrido de la ruta 5 vistos desde un mapa.

Figura 134

Recorrido ruta 5. Centralidad Principal – Centralidad Principal



Nota. Recorrido de la ruta visto desde Google Maps

Perfil de elevación de la ruta 5

En la tabla 44 se presentará las características del perfil de elevación de la ruta 5 Centralidad principal – Centralidad principal (Figura 135).

Tabla 44

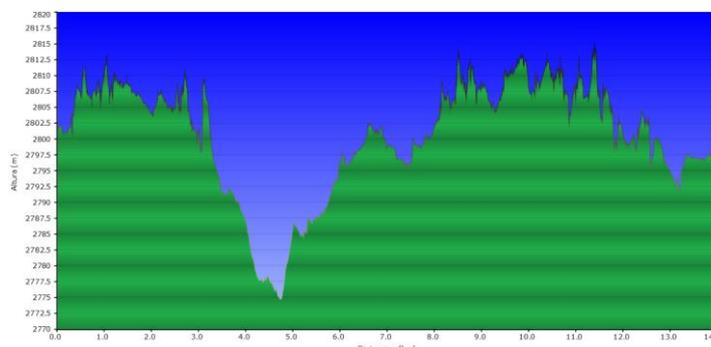
Características del perfil de elevación

Sentido	Centralidad Principal – Centralidad Principal
Elevación mínima m.s.l.	2774
elevación máxima m.s.l.	2814
Elevación promedio m.s.l.	2801.3
Ascenso total m	373
Descenso total m	373
Elevación de inicio m.s.l.	2794.1
Elevación final m.s.l.	2794

Nota. Datos de perfil de elevación de la ruta

Figura 135

Perfil elevación ruta 5: Centralidad principal – Centralidad principal



Nota. Gráfica perfil de elevación de la ruta

Datos obtenidos de la ruta 5

En la tabla 45 se presentarán datos como: velocidad media, tiempo total, distancia total, tiempo de manejo y numero de paradas estos datos serán tomados de la página web utrack y Samsung health, adicional a estos datos se presentará el voltaje inicial y final de la batería.

Tabla 45

Datos obtenidos de las pruebas de ruta

Sujeto	Sentido	Velocidad media (km/h)	Velocidad máxima (km/h)	Tiempo de manejo (seg)	Distancia recorrida (km)	Voltaje inicial (V)	Voltaje Final (V)
1	Centralidad Principal – Centralidad Principal	17.1	37.3	3478	14.2	67	56.9

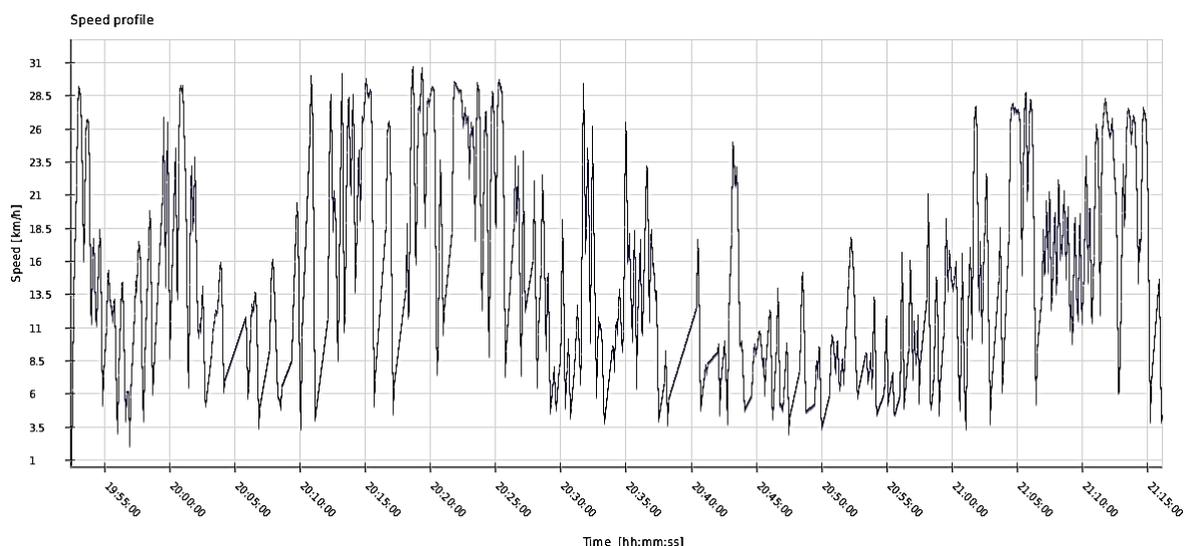
Nota. Velocidades máximas y medias, distancias, tiempo y voltaje final de cada ruta

Ciclo de conducción de la ruta 5

A continuación, en la figura 136 corresponde al ciclo de conducción para la ruta 5, la cual pertenece al recorrido 14.

Figura 136

Ciclo conducción ruta 5: Centralidad principal – Centralidad principal



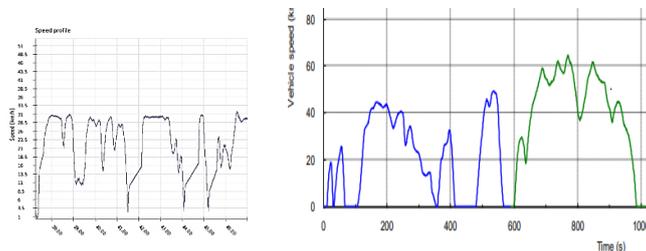
Nota. Gráfica Velocidad vs tiempo recorrido en la ruta

Ciclo de conducción

El ciclo de conducción ayuda a verificar si un vehículo cumple o no cumple con los requerimientos mínimos para desplazarse en una zona en específico, a continuación, se realizará la comparación entre el ciclo de conducción WLTC clase 1 y el del recorrido. El ciclo de conducción más similar al WLTC clase 1 es el generado en la ruta 1, con el sujeto 1, orientación noroccidental – centralidad sur, esto por la clara visualización de paradas, arranques y velocidades máximas. Se realizó unas modificaciones en la duración de la prueba, esto debido a la zona geográfica urbana del cantón Latacunga.

Figura 137

Comparación ciclo de conducción encontrada con el ciclo WLTC clase 1



Nota. Gráfica Velocidad vs tiempo recorrido en la ruta y ciclo WLTC clase 1

En la siguiente tabla se podrá visualizar la comparación de los datos recolectados del ciclo de conducción elegido con el ciclo WLTC clase 1.

Tabla 46

Comparación parámetros de ciclo WLTC clase 1

Parámetro	Baja	Media	Total	Velocidad	Velocidad	Total
				1	2	
Duración, s	589	433	1022	589	690	1279
Duración de paradas, s	155	48	203	-	-	-
Distancia, m	3324	4767	8091	3450	3950	7400
% Paradas	26.3%	11.1%	19.9%	-	-	-
Velocidad máxima, km/h	49.1	64.4	-	32.1	53	-
Velocidad media sin paradas, km/h	27.6	44.6	35.6	-	-	-
Velocidad media con paradas, km/h	20.3	39.6	28.5		23.4	
Voltaje de la batería	-	-	-	-	60.8	60.8

Nota. Comparación de parámetros del ciclo WLTC clase 1 y el ciclo de conducción obtenido

Como primera observación de los datos recolectados, en cuanto a distancia y tiempo la motocicleta Citycoco cumple con la distancia necesaria para la comprobación bajo el ciclo WLTC clase 1, la velocidad máxima sería el factor que no alcanza ya que este es de 64.4 km/h.

Autonomía

En la tabla 47 se puede ver los datos tabulados de las pruebas de ruta realizados, de acuerdo con las pruebas hechas el voltaje mínimo de la batería con el que la motocicleta eléctrica puede funcionar es de 56.9 voltios, se tomara como 100% los 67 voltios y como 0 % los 56.9 voltios. El peso del sujeto 1 es de 84.5 kg y el peso del sujeto 2 es 89 kg.

Tabla 47

Datos obtenidos de las pruebas de ruta

Recorrido	Sujeto	Porcentaje de batería restante (%)	Porcentaje batería consumido (%)	Tiempo de manejo (seg)	Distancia recorrida (km)	Voltaje inicial (V)	Voltaje Final (V)
1	1	38.61	61.39	1279	7.4	67	60.8
2	1	8.91	29.7	1214	7.3	60.8	57.6
3	2	38.61	61.39	1069	7.4	67	60.8
4	2	8.91	29.7	1073	7.3	60.8	57.6
5	1	32.67	67.33	1191	7.4	67	60.2
6	1	2.97	29.7	1141	7.2	60.2	57.2
7	2	40.59	59.41	1061	7.4	67	61
8	2	10.89	29.7	1069	7.2	61	58
9	1	26.73	73.27	1523	10.1	67	59.6
10	1	23.76	76.24	1772	10.4	67	59.3
11	2	25.74	74.26	1671	10.1	67	59.5
12	2	23.7	76.3	1609	10.4	67	59.3

Recorrido	Sujeto	Porcentaje de batería restante (%)	Porcentaje batería consumido (%)	Tiempo de manejo (seg)	Distancia recorrida (km)	Voltaje inicial (V)	Voltaje Final (V)
13	1	0	100	5026	17.4	67	56.9
14	1	0	100	3478	14.2	67	56.9

Nota. Datos de autonomía

Como se puede visualizar en la tabla 47, la diferencia de peso de 4.5 kg no influye mucho en los valores de voltaje y porcentaje de la batería consumidos. La autonomía real de la motocicleta eléctrica Citycoco de 1500w de potencia es de 17.4 kilómetros esto solo con el manejo puesto en la velocidad 1, para tratar de evidenciar el consumo en velocidad 3 a relación de la velocidad uno se realizó la última prueba de ruta en la cual los primeros 589 segundos se lo realizaron a velocidad 1 y lo demás a velocidad 3 en el mismo circuito, por ende, se evidencia una reducción de 3.2 kilómetros por el uso de la velocidad 3. Otro dato que tomar en cuenta es que el porcentaje de batería no es un indicador fiel de cuanta distancia aun puede recorrer la motocicleta.

Capítulo V

Marco Administrativo

Presupuesto

Para el análisis tanto mecánico como eléctrico de la moto eléctrica se requirió la adquisición la misma, con esto en mente se eligió una de las motos eléctricas más vendidas en el Ecuador, el presupuesto para la compra de la moto eléctrica fue de 900 dólares americanos.

Recursos

Los recursos que se utilizaron para la realización de este trabajo investigativo se explicaran en los dos siguientes puntos.

Recursos humanos

Los recursos humanos son todas aquellas personas que ayudaron de manera directa en la realización de este trabajo investigativo, estos serán detallados en la tabla 48.

Tabla 48

Recursos humanos

Orden	Descripción	Cantidad	Función
1	Sr. Byron David Tercero Cabascango	1	Investigador
2	Sr. Erik Geovanny Toapanta Morocho	1	Investigador
3	Ing. Germán Erazo	1	Colaborador científico

Nota. Personas que intervinieron directamente en el trabajo investigativo

Recursos materiales

Los recursos materiales serán detallados en la tabla 49

Tabla 49*Recursos materiales*

Orden	Cantidad	Descripción	Valor unitario	Valor total
1	1	Motocicleta eléctrica Citycoco de 1500W	900	900
2	2	Atenuadores	15	30
3	2	Cables de conexión	20	40
Costo total				970

Nota. Materiales esenciales para realizar el proyecto

Recursos tecnológicos

Los recursos tecnológicos serán detallados en la tabla 50.

Tabla 50*Recursos tecnológicos*

Orden	Descripción	Cantidad	Función
1	Computadora	1	Investigativa
2	Osciloscopio Hantek	1	Obtención de datos
3	Multímetro	1	Obtención de datos

Orden	Descripción	Cantidad	Función
4	Celular con la aplicación Samsung Health	1	Obtención de datos

Nota. Tecnología usada en la realización del proyecto

Problemática para la producción en masa de motocicletas eléctricas en el Ecuador

Para la producción en masa de este tipo de vehículos eléctricos existen varios puntos a consideración como los recursos tecnológicos, recursos financieros, materia prima, mano de obra, ingeniería y conocimiento del tema. Lo cual son variables que en nuestro país no puede aportar al 100% de su totalidad ya que la inversión en la elaboración de únicamente un vehículo puede llegar a costar varios de miles de dólares lo que no representa el costo beneficio de su elaboración y es por eso por lo que en la gran sociedad han optado en la importación de dichas motocicletas.

Como facultad de ingeniería automotriz se propone la idea de producción de motocicletas eléctricas a gran escala para beneficio propio y de los estudiantes para lo cual se ha determinado factores importantes para dicho trabajo como se puede observar en la siguiente tabla.

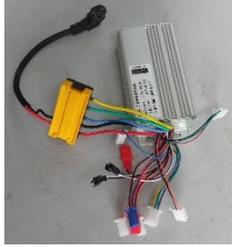
Tabla 51

Elementos de la motocicleta eléctrica y su producción.

Elemento	Producción	Importación	Imagen
Chasis de la motocicleta	La producción de este elemento se lo puede realizar de manera	En la importación de este elemento de fabrica los acabados son de primera,	

Elemento	Producción	Importación	Imagen
	<p>artesanal ya que en el mercado existe gran cantidad de materia prima como el acero comercial A36</p>	<p>pero al desconocer del material y proceso de fabricación se puede llegar a pagar un alto costo sin contar con los precios de la logística</p>	
<p>Rin y Neumáticos</p>	<p>La producción de estos elementos de manera artesanal puede representar un alto costo ya que el maquinado y proceso de manufactura tienen un valor elevando en el mercado ecuatoriano</p>	<p>La importación de dichos productos conviene en gran manera ya que hay empresas dedicadas a la fabricación en gran cantidad, por lo cual el costo de repuesto suele ser más barato</p>	
<p>Motor Dc sin escobillas</p>	<p>La producción de este elemento es muy complicada ya que no se cuenta con los recursos tecnológicos para la producción de motores de esta categoría</p>	<p>La importación de este elemento es beneficioso ya que en el mercado internacional existen gran cantidad de modelos con diferentes potencias y a un muy buen precio</p>	
<p>Asiento de motocicleta</p>	<p>La producción de forma artesanal de este producto es conveniente ya que su diseño y materiales de fabricación</p>	<p>La importación de este producto es complicada ya que no se encuentra por sí solo el elemento, si no en conjunto con todo el</p>	

Elemento	Producción	Importación	Imagen
	no son complicados	chasis y para la fabricación particular resultaría mucho más costoso.	
Guarda polvos	La fabricación de este producto se lo puede realizar de forma artesanal ya que se cuenta con la tecnología necesaria de fibra de vidrio para su elaboración	La importación de dichos elementos es complicada ya que existen varios modelos en el mercado que se necesitaría de las medidas específicas para que no interfiera con la motocicleta	
Sistema de freno	La fabricación de este sistema como tal es complicada por los costos de producción, pero pueden ser remplazadas con otros sistemas de frenos auxiliares de otros vehículos.	La importación de este producto resulta conveniente al ser un sistema especial para dicho modelo de motocicleta	
Batería de Litio	La producción de este elemento resulta complicada en el territorio ya que no se cuenta con la tecnología y recursos para la fabricación	La importación de dicho elemento es conveniente ya que en el mercado existen varias marcas y modelos de baterías con capacidades distintas para cada tipo de motocicleta	

Elemento	Producción	Importación	Imagen
Controlador	<p>La producción de este elemento es complicada ya que no se cuenta con los recursos necesarios de fabricación en serie ya que su tecnología no es muy reconocida en el territorio</p>	<p>Su importación es conveniente ya que existen empresas internacionales dedicadas a la fabricación de dichos elementos en masa con diferentes características para distintos Scooter eléctricos.</p>	
Panel de mando	<p>La fabricación de este elemento resulta costosa ya que la tecnología con la que consta tiene altos valores en el mercado</p>	<p>La importación de este elemento resulta beneficiosa ya que consta como un accesorio que puede ser intercambiable de cada modelo de motocicleta.</p>	
Sirena	<p>La fabricación de este producto se lo puede realizar ya que su estructura no es muy complicada además de que puede ser sustituido por un mecanismo similar</p>	<p>La importación de este producto es beneficioso ya que se encuentra disponible en el mercado internacional en diferentes marcas a muy bajo costo</p>	
Acelerador y niveles de velocidad	<p>La producción de este elemento es complicada ya que este elemento cuenta con sensores Hall</p>	<p>La importación de este elemento es beneficioso ya que son producidos en masa en el mercado</p>	

Elemento	Producción	Importación	Imagen
	internos que son muy delicados y costosos al fabricarlos	internacional y se cuenta con una gran variedad de modelos a muy bajo costo	
Cargador de batería	La producción de este elemento es muy complicada ya que no se cuenta con los recursos necesarios para la producción de dicho producto	La importación de este elemento resulta beneficiosa ya que en el mercado existe una gran demanda y por ende su producción se lo realiza en gran cantidad a muy bajo costo	

Nota. Problemáticas para la producción de estas motocicletas en el Ecuador.

Basada en la tabla anterior se puede concluir que la producción en serie de este tipo de motocicletas alternativas resulta mucho más costosa la fabricación ya que no se cuenta con los recursos económicos y tecnológicos para la producción ya que no existen empresas dedicadas netamente a la fabricación de cada elemento para lo cual es recomendable la importación de dichos elementos en el mercado internacional y la producción artesanal de elementos estructurales.

Tabla 52

Valores de elementos en el mercado internacional

Elemento	Valor en Aliexpress	Valor en Alibaba	Valor en Amazon
Rin y Neumáticos	\$18.99	\$22.35	\$35.20
Motor Dc sin escobillas	\$110.00	\$125.00	\$159.93

Sistema de freno	\$23.93	\$19.36	\$24.99
Batería de Litio	\$196.00	\$208.00	\$214.00
Controlador y panel de mando	\$42.35	\$45.50	\$53.59
Sirena	\$3.99	\$3.50	\$4.78
Acelerador y niveles de velocidad	\$7.50	\$8.00	\$9.99
Cargador de batería	\$46.90	\$45.00	\$47.00

Nota. Montos para la producción de este tipo de motocicletas en Ecuador

Se puede observar que los valores de los repuestos y elementos para la producción en serie en el mercado internacional se encuentran en un rango moderado de competencia ya que todo varía dependiendo de la marca y las características de cada uno.

Conclusiones

Se analizó el modelado eléctrico y mecánico en motocicletas alternativas implementadas para incursionar en la movilidad eléctrica.

Se investigó en fuentes de información acerca de los principales medios de transporte alternativos eléctricos relacionados con el proyecto.

Se determinó modelos y diseños de motocicletas alternativas existentes en el mercado automotor del Ecuador, agrupándolos por sus parámetros más relevantes.

Se identificó los componentes mecánicos y eléctricos implementados en los sistemas de motocicletas alternativas.

Se verificó el sistema de control eléctrico de baja y alta potencia del tren motor de la motocicleta alternativa.

Se obtuvo los parámetros eléctricos necesarios de funcionamiento para la ciudad de Latacunga y geografía del Ecuador.

Se modeló y simuló los componentes mecánicos y estructurales de la motocicleta alternativa en el software CAD especializado.

Se analizó las gráficas obtenidas de acuerdo con las mediciones y simulaciones obtenidas.

Se determinó la factibilidad del uso de motocicletas eléctricas como medio de transporte alternativo en la ciudad de Latacunga.

Basado en la investigación bibliográfica realizada se puede concluir que en el Ecuador se está desarrollando la comercialización de vehículos alternativos ya que estos aparte de ser ecológico con el medio ambiente son mucho más económicos en el precio de mantenimiento y su adquisición.

En el Ecuador existe un gran mercado de motocicletas eléctricas cada una con características y valores comerciales diferentes y se ha concluido que para una mejor experiencia en conducción y mejor resultado de autonomía se utilizan las motocicletas eléctricas de 1500 a 2000 W de potencia y una autonomía de 60 km ya que estas otorgan mejor desempeño en el territorio Nacional.

En la fabricación de motocicletas eléctricas se utilizan materiales de buena calidad para la fabricación de estructuras, así como elementos eléctricos de fácil adquisición y manipulación ya que en un mantenimiento o reparación estos deben encontrarse de manera sencilla en el mercado nacional e internacional.

En la fabricación de motocicletas eléctricas se utilizan controladores específicos para cada tipo de motor eléctrico ya que no todos los motores DC trabajan bajos los mismos rangos y parámetros de funcionamiento y estos deben ser controlados de tal manera que puedan desarrollarse de mejor forma para el usuario.

La motocicleta eléctrica de 1500 W trabaja con una batería de 67 V donde esta juntamente con el controlador son capaces de enviar señales de bajo voltaje entre 3V y 5V para el funcionamiento de los sensores Hall que permiten el desarrollo del motor DC

Se concluye que la máxima carga que puede soportar la estructura de la motocicleta de 1500W, es de 168 kg de peso y distribuido puede soportar más, el problema es el motor eléctrico el cual no podría abastecer la potencia necesaria para mover la motocicleta.

Las mediciones y gráficas encontradas servirán como base para diagnosticar fallos en el sistema eléctrico, las simulaciones mecánicas realizadas determinaron cargas máximas que puede soportar la estructura y las simulaciones eléctricas la potencia eléctrica que tiene el motor DC.

La autonomía real de la motocicleta eléctrica es de 17.4 kilómetros con un peso de piloto de 89 kg. La factibilidad de la motocicleta de 1500 W en la ciudad de Latacunga dependerá del estilo de manejo y el uso que se le vaya a dar. Es factible si:

- Como uso para transportarse a estudios o trabajo es más que eficiente ya que conecta los puntos céntricos de todas la zonas urbanas del cantón Latacunga.

No es factible si:

- El uso planificado que se le quiera dar requiere de conducción constante durante todo el día como es el caso de trabajos de repartidor de comida, entre otros.
- Se debe evitar la pendiente de la calle Isla San salvador, esto debido a que la potencia de la motocicleta no es suficiente para escalarla.

Recomendaciones

Usar equipo de protección personal a la hora de realizar mediciones eléctricas en el circuito de alta potencia.

Realizar un estudio más a profundidad acerca del desarrollo y modelación de circuitos eléctricos para la elaboración de controladores universales de motocicletas eléctricas de fácil manipulación y mejor desempeño para los motores.

Realizar un estudio de sistemas regenerativos de energía para mejorar la autonomía y capacidad de carga de la batería con las que trabajan las motocicletas eléctricas

Realizar un estudio del uso de baterías con características y propiedades distintas en la motocicleta eléctrica y así determinar la que mejor otorgue una capacidad de autonomía y desarrollo del vehículo alternativo.

Adecuar un sistema de amortiguación a la motocicleta 1500 W, para un mejor confort y para evitar el desgaste y posibles rupturas en los puntos de soldadura de la estructura.

Bibliografía

- ACEA. (07 de Julio de 2017). ANFAC. Obtenido de ANFAC.COM: <https://anfac.com/wp-content/uploads/2019/07/Que-es-el-WLTP.pdf>
- Alarcón Soria, P. I. (2016). *Adaptación de un motor eléctrico y sistema de carga a una motocicleta Vespa PG150*. Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial.
- Álvarez, R., & Benito, J. (2016). *Introducción al método de los elementos finitos*. Astm, S. (2018). SAE 8620. En. SAE 8620 STEEL. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid.
- Aracil, & Gómez. (2006).
- Artés , D. G. (2012). *Baterías de coches eléctricos e híbridos, hoy [estado de la tecnología del automóvil]*. Obtenido de Tecmovia: <https://www.diariomotor.com/tecmovia/2012/03/14/baterias-de-coches-electricos-e-hibridos-hoy-estado-de-la-tecnologia-del-automovil/>
- AutoAvance. (05 de Febrero de 2020). *Baterías de Vehículos Híbridos y Eléctricos*. Obtenido de Autoavance: <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/bateria-hibridos-electricos/>
- Belalcazar Luis Carlos, A. H. (10 de Julio de 2018). *xdoc.mx*. Obtenido de xdoc.mx: <https://xdoc.mx/documents/construccion-de-los-ciclos-de-conduccion-de-bogota-para-la-60693c239ebaa#>
- Bonilla, I., & Jaque, J. (16 de Junio de 2014). *Diseño, modelación y construcción de un prototipo de chasis para motocicleta con fines de producción nacional*. Obtenido de Repositorio ESPOCH: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4425/1/65t00173.pdf>

Castillo, M., & García, G. (2016). *Motores eléctricos. En Automatismos industriales. Editex.*

. Obtenido de books.google.com:

<https://books.google.com.ec/books?id=lrNcDAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

central, R. (21 de Marzo de 2022). *lagaceta.com.ec*. Obtenido de lagaceta.com.ec:

https://lagaceta.com.ec/congestion-vehicular-dificulta-la-movilidad-en-latacunga-%EF%BF%BC/?fbclid=IwAR0od_4L52ploPXfmmxN10T1vg3rkyXCDeHTOS6C7P5UNhZh7MjV6ozcaUY

chile, C. (s.f de s.f de 2020). *citycoco.cl*. Obtenido de citycoco.cl:

<https://www.citycoco.cl/rider1>

City Coco. (2020). City Coco.

Cordero Moreno, D. (2017). *Dinámica de vehículos*. Obtenido de SlideShare:

<https://es.slideshare.net/funodaniel/dinmica-de-vehculos>

Duque Sarmiento, D., & Rocano Yunga, J. (2018). *Determinación de la autonomía del vehículo eléctrico mediante ciclos controlados*. Obtenido de Repositorio Universidad Politécnica Salesiana sede Matriz Cuenca.:

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15067/1/UPS-CT007435.pdf>

Ferrer, & Checa. (2010).

GADML, E. P. (20 de Agosto de 2015). *latacunga.gob.ec*. Obtenido de latacunga.gob.ec:

https://www.latacunga.gob.ec/images/pdf/PDyOT/PDyOT_Latacunga_2016-2028.pdf

Gamoneda, Y. N. (2016). *Diseño de un chasis ligero monoviga para una motocicleta Off Road*. Obtenido de Repositorio uc3m.es: <https://e->

[archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/24364/TFG_Yago_Nunez_Gamoneda.pdf](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/24364/TFG_Yago_Nunez_Gamoneda.pdf)

García, A. L. (6 de Septiembre de 2012). *node1.123dok.com*. Obtenido de

node1.123dok.com:

https://node1.123dok.com/dt02pdf/123dok_es/002/237/2237128.pdf_file.pdf?X-Amz-Content-Sha256=UNSIGNED-PAYLOAD&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=7PKKQ3DUV8RG19BL%2F20220728%2F%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20220728T212108Z&X-Amz-SignedHead

- Gomez, V. (2015). *Métodos CAD/CAE aplicados a la generación de nuevas mallas tensegríticas de doble capa*. Santander: Universidad de Cantabria.
- Granda, L. (2004). *Diseño de un semieje automotriz por los métodos clásicos y método del elemento finito*. México, D.F.: Instituto Politécnico Nacional.
- Hoyos, J., & Tipanluisa, L. (2017). *Evaluación del sistema de tracción en un vehículo eléctrico biplaza de estructura tubular*. Obtenido de Repositorio Información Tecnológica, 28(2), 29-36.: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v28n2/art04.pdf>
- INEN, S. E. (20 de Septiembre de 2016). *normalizacion.gob.ec*. Obtenido de [normalizacion.gob.ec](https://www.normalizacion.gob.ec): https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2656-1.pdf
- IPAC. (07 de 07 de 2022). *www.ipac-acero.com/*. Obtenido de [www.ipac-acero.com/](http://www.ipac-acero.com/productos.php#):
- Jesus, J. (13 de Junio de 2022). *s-health.uptodown.com*. Obtenido de [s-health.uptodown.com](https://s-health.uptodown.com/android): <https://s-health.uptodown.com/android>
- José, S. (2011). *Manual técnico: Motores eléctricos*. Costa Rica: BUN-CA.
- Laica , D., & Reynaldo, J. (Agosto de 2014). *Diseño e implementación de los sistemas de dirección, suspensión, frenos y plegado, en una motocicleta eléctrica plegable. .* Obtenido de Repositorio ESPE: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/8866>
- Latacunga, G. M. (13 de Junio de 2020). *celec.gob.ec*. Obtenido de [celec.gob.ec](https://www.celec.gob.ec): <https://www.celec.gob.ec/transelectric/images/stories/noticias/2021WEB/Tanicuhiwe>

b/d/c/ANEXOS/SOCIAL/PDOTs/Cant%C3%B3n%20Latacunga/2%20Plan%20de%20Ordenamiento%20Territorial.pdf

Monica Tutuianu, A. M. (15 de Diciembre de 2013). *DHC subgroup*. Obtenido de DHC subgroup: <https://wiki.unece.org/display/trans/WLTP+Technical+Reports>

Munain, I., & López, J. (25 de Junio de 2014). *DISEÑO DE UNA MOTO ELÉCTRICA DE COMPETICIÓN*. Obtenido de academica-e.unavarra.es: <https://academica-e.unavarra.es/xmlui/bitstream/handle/2454/11827/TFGL%C3%B3pezdeMun%C3%A1nDíazIker2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Muñoz. (2009).

Olona, A. L. (2018). Nuevo ciclos de conducción para homologar emisiones. *Revista Técnica de centro Zaragoza*, http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R78_A8.pdf.

Pérez Pablo, Q. C. (12 de Enero de 2018). *dspace.ups.edu.ec*. Obtenido de dspace.ups.edu.ec: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15032>

Perez, P., & Quito, C. (12 de Enero de 2018). *dspace.ups.edu.ec*. Obtenido de dspace.ups.edu.ec: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15032>

Qhinchimba, F., & Solís, J. (10 de Enero de 2017). *bibdigital.epn.edu.ec*. Obtenido de bibdigital.epn.edu.ec: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17000>

Remache , A., & Leguisamo, J. (4 de Septiembre de 2019). *Análisis topológico mediante el Método de Elementos Finitos del chasis de una motocicleta de competencia*. Obtenido de Repositorio Scielo: <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/enfoqueute/v10n3/1390-6542-enfoqueute-10-03-00081.pdf>

Ros, M., & Barrera, D. (2017). *Vehículos eléctricos e híbridos*. Paraninfo.

- Salmerón, A. (2015). *Diseño de una motocicleta deportiva eléctrica*. Cataluña: UPC.
- Sandoval, C., & Beaziz, I. (2012). *Optimización de la flecha de transmisión de un automóvil compacto*. México, D.F.: Instituto Politécnico Nacional.
- Santana, C. (2016). *Análisis de la implantación del uso de vehículos eléctricos como aporte al cambio de la matriz productiva y su impacto en la no utilización de combustibles fósiles en el Ecuador*. Obtenido de Repositorio Universidad de Guayaquil:
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/17744/1/VEHICULOS%20ELECTRICOS%2031-05-2016%20revisado%20TGC%20%282%29.pdf>
- Segovia, J. (02 de Julio de 2021). *Diseño de prototipo técnico centralizado en el usuario de un Bastidor de Motocicleta eléctrica*. Obtenido de Diseño de prototipo técnico centralizado en el usuario de un Bastidor de Motocicleta eléctrica.:
file:///C:/Users/tabc_/Downloads/Juan%20Carlos%20Segovia%20Sanchez.pdf
- Simón. (10 de Enero de 2019). *El vehículo eléctrico: elementos principales y funcionamiento*. Obtenido de simonelectric.com:
<https://www.simonelectric.com/blog/el-vehiculo-electrico-elementos-principales-y-funcionamiento>
- Sociedad de Técnicos de Automoción. (2011). *Sociedad de Técnicos de Automoción*.
- Solidbi. (2017). *SOLIDWORKS. Qué es y para qué sirve*. Obtenido de Solidbi: <https://solidbi.es/solidworks/>
- Trashorras Montecelos, J. (2019). *Vehículos eléctricos*. Paraninfo.
- Tutuianu, M., & Marotta, A. (15 de Diciembre de 2013). *DHC Subgroup*. Obtenido de DHC Subgroup: <https://wiki.unece.org/display/trans/WLTP+Technical+Reports>
- Valencia, A. J. (2018). *Análisis del Comportamiento de un Motor Eléctrico, Adaptado a una Motocicleta, Bajo Características de Torque, Potencia y Velocidad*. Obtenido de Universidad Internacional SEK. Repositorio institucional:

<https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2871/1/Andr%C3%A9s%20Valencia%20Tesis%20Final.pdf>

Valero, E. (2004). *Aplicación de método de los elementos finitos*.

Vázquez. (2017).

Vélez Loaiza, S., & Vera Vanegas, A. (2016). *Obtención de los parámetros necesarios para el cálculo de la fuerza en rueda de vehículos eléctricos*. Obtenido de Repositorio Universidad del Azuay:
<http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/5739/1/12059.pdf>

Vergara, P. (2011). *Modelado, análisis y simulación del chasis de una motocicleta*. Obtenido de Google docs: https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/12855/PFC_Patxi+Vergara.pdf

Anexos