



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECANICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

“DISEÑO, FABRICACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE LOS SISTEMAS DEL TREN MOTRIZ, FRENADO Y SUSPENSIÓN DE LA TRACCIÓN DE UN VEHÍCULO UTILITARIO ELÉCTRICO”

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES:

**OMAR SANTIAGO BOADA TAPIA
MANUEL LEANDRO TENEZACA PROCEL**

Riobamba – Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECANICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

“DISEÑO, FABRICACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE LOS SISTEMAS DEL TREN MOTRIZ, FRENADO Y SUSPENSIÓN DE LA TRACCIÓN DE UN VEHÍCULO UTILITARIO ELÉCTRICO”

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES: OMAR SANTIAGO BOADA TAPIA

MANUEL LEANDRO TENEZACA PROCEL

DIRECTOR: ING. JUAN CARLOS ROCHA HOYOS

Riobamba – Ecuador

2022

©2022, Omar Santiago Boada Tapia & Manuel Leandro Tenezaca Procel

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Boada Tapia Omar Santiago & Tenezaca Procel Manuel Leandro, declaramos que el presente trabajo de integración curricular es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 17 de marzo del 2022



Omar Santiago Boada Tapia

1723901847



Manuel Leandro Tenezaca Procel




0604790055

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

El tribunal de Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular: Tipo: Proyecto de Investigación, **DISEÑO, FABRICACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE LOS SISTEMAS DEL TREN MOTRIZ, FRENADO Y SUSPENSIÓN DE LA TRACCIÓN DE UN VEHÍCULO UTILITARIO ELÉCTRICO** realizado por los señores: **OMAR SANTIAGO BOADA TAPIA & MANUEL LEANDRO TENEZACA PROCEL**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Edgar Fabián Sánchez Carrión PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-03-17
Ing. Juan Carlos Rocha Hoyos DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN		2022-03-17
Ing. Johnny Marcelo Pancha Ramos MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2022-03-17

DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón esta tesis a mi padre, a mi modelo a seguir, a mi luchador, a mi héroe, a mi ser más importante, a mi motivo de levantarme y pensar, le voy a dar este orgullo, a la persona que me educó, que me enseñó y que me motivó a querer ser mejor, a la persona que siempre estuvo pendiente de mí, y que me acompañó en cada desvelo y en cada tarea, a la persona que se sacrificó por darme todo lo necesario en mis estudios, para ti que te metes bajo un carro por mí, por verme feliz, este título es tuyo mi Pepe, no puedo decir nada menos de mi madre que fue el pilar que me sostuvo y me dio la comodidad para que pueda dedicarme a estudiar, a la mujer que dejaría de comer por mí, la mujer más importante de mi vida que con su forma de ser estricta supo educarme, corregirme y guiarme por el camino correcto para que pueda haber llegado a este día, a la finalización de mi carrera esta tesis es para ti mami.

Santiago

Este trabajo va dedicado primero a mi Dios por todo lo maravilloso que ha hecho en mi vida, va dedicado a mi padre que supo guiarme por el camino correcto en esta vida y a mi madre que siempre estuvo con nosotros que supo criarnos a mí y mis hermanos con buenos principios y valores, les dedico a estas dos personas que son los máximo que le dan un sabor muy dulce a mi vida, también va dedicado para mis hermanos y hermanas que me ayudaron a crecer en el camino correcto, lo dedico a mi sobrino Kevin el cual fue por quien tuve que mejorar constantemente para no defraudarle el cual me veía como un modelo a seguir, por ultimo me dedico a mí que nunca me di por vencido a pesar de la dificultades, a mí que siempre supe lo que anhelaba y quería en esta vida, me la dedico por la persona en la que me he convertido.

Manuel

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, ya que sin él no podría haber llegado a este momento con salud y fuerza, a todas las personas que confiaron en mí, a los docentes de la carrera de Ingeniería Automotriz que me vieron crecer como profesional, a quienes me guiaron en las dificultades, y felicitaron en mis triunfos, en especial agradezco a mis padres que creyeron en mí que estuvieron desde el primer día hasta este gran último momento, agradezco el esfuerzo que hicieron para que pueda llegar al final de mi carrera, para hacerlos sentir orgullosos y entregarles este día mi título, que lo obtuve yo, pero por y para ellos, a mi ángel protector que siempre estuvo a mi lado en cada viaje de madrugada, en cada desvelo, en cada bus de Quito a Riobamba gracias abuelito Antonio, también le agradezco a mí rival y a mi objetivo de perfección, mi hermana, le agradezco por nunca dejarme caer y siempre tenerme de pie y ser mi modelo a seguir, por ser la única y siempre estar a mi lado en las buenas y en las malas le agradezco a mi pareja, a ella que sabe que es mi inspiración no solo en mi carrera, sino también en mi vida, ella es el motivo de que yo ponga todo de mí en el desarrollo de esta tesis.

Santiago

Quiero agradecer a mi Dios el cual es mi guía y mi fortaleza que me ha ayudado y cuidado hasta este punto de mi vida, de igual manera a mi padre Leandro y a mi madre Beatriz los cuales son el motor y la alegría de mi vida, depositaron su confianza en mí desde el inicio y siempre me estuvieron apoyando incondicionalmente en cada punto de mi vida estudiantil, a mis hermanos mayores Iván, Daniel y Alex los cuales fueron y serán un gran ejemplo a seguir, por su persistencia ante las adversidades a ellos que me enseñaron a respetar y ser leal a los míos, a luchar por mis sueños y mis metas sin descanso. Agradezco también mis dos hermanas Fanny y Flor por su apoyo el cual tuvo un gran impacto en mi vida y fue de mucha bendición para poder culminar este proceso de mi vida, a mis amigos más cercanos que supieron mis fracasos y errores pero ellos me enseñaron a confiar en Dios y a seguir adelante muchas gracias familia MEJEL, también quiero agradecer a mis amigos y compañeros los cuales fueron parte de este proceso de enriquecimiento intelectual, por último, quiero dar un sincero agradecimiento a los maestros y docentes por el tiempo y la dedicación para impartirnos su conocimiento.

Manuel

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xviii
ÍNDICE DE ANEXOS	xxi
RESUMEN.....	xxii
SUMMARY	xxiii
INTRODUCCIÓN	1

CAPITULO I.- MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1	ANTECEDENTES.....	3
1.1	Planteamiento del problema	3
1.2	Justificación del proyecto.....	4
1.3	Objetivos.....	4
1.3.1	<i>Objetivo General</i>	4
1.3.2	<i>Objetivos Específicos</i>	4
1.4	Alcance.....	5
1.5	Esquema del diseño teórico de la investigación.....	6
1.6	Estado del arte	7
1.6.1	<i>Inconvenientes de los vehículos eléctricos</i>	7
1.6.2	<i>Componentes de los vehículos eléctricos</i>	8
1.6.3	<i>Factores Internos</i>	8
1.6.4	<i>Factores Externos</i>	8
1.6.5	<i>Tecnologías futuras de los vehículos eléctricos</i>	9
1.6.6	<i>Controlador electrónico de potencia</i>	9

1.6.7	<i>Tren de Potencia</i>	9
1.6.8	<i>Motores Eléctricos</i>	10
1.6.9	<i>Sistema de almacenamiento de energía electroquímica y análisis dinámico de la batería (SETS)</i>	11
1.6.10	<i>Ciclo de vida de la batería</i>	11
1.6.11	<i>Baterías primarias</i>	12
1.6.12	<i>Baterías Secundarias</i>	12
1.6.13	<i>Estimación de la batería SOC para un vehículo eléctrico híbrido mediante el método de recuento de Culombio</i>	14
1.6.13.1	<i>Método de recuento de culombio</i>	15
1.6.13.2	<i>Método experimental</i>	15
1.6.13.3	<i>Proceso de carga y descarga</i>	15
1.6.13.4	<i>Estrategias para minimizar el impacto en la red</i>	16
1.6.13.5	<i>Análisis de datos</i>	16
1.6.14	<i>Desarrollo de una ruta de conducción para evaluar la economía energética de vehículos eléctricos en zonas urbanas</i>	18
1.6.14.1	<i>Método</i>	19
1.6.14.2	<i>Procesamiento de datos</i>	20
1.6.14.3	<i>Resultados y discusiones del ciclo de conducción analizado</i>	21
1.6.15	<i>Prueba de autonomía de las baterías</i>	24
1.6.16	<i>Análisis de la suspensión y la estructura de un vehículo UTV mediante FEM</i>	24
1.6.16.1	<i>Metodología del estudio del sistema de suspensión</i>	26
1.6.16.2	<i>Amortiguación Inteligente</i>	27
1.6.16.3	<i>Resultados del análisis</i>	29
1.6.17	<i>Sistemas de Frenado hidráulico</i>	30
1.6.17.1	<i>Fuerza de frenado entre el neumático y la carretera</i>	32
1.6.17.2	<i>Tiempo de frenado</i>	36

CAPITULO II.- MARCO METODOLÓGICO

2	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	37
2.1	Metodología de la autonomía.....	37
2.1.1	<i>Método inductivo-deductivo</i>	37
2.2	Metodología de los frenos.....	37
2.2.1	<i>Método deductivo</i>	37
2.3	Metodología de la suspensión	38
2.3.1	<i>Método inductivo-deductivo</i>	38
2.4	Métodos Científicos	38
2.4.1	<i>Método empírico</i>	38
2.4.1.1	<i>Medición.....</i>	38
2.5	Metodología Cuantitativa	39
2.6	Diagrama de flujo de la metodología propuesta	40
2.7	Tren motriz	41
2.7.1	<i>Motor eléctrico 2200 Watts.....</i>	41
2.7.1.1	<i>Consumo de exigido del motor a la batería.....</i>	42
2.7.2	<i>Inversor, controlador.....</i>	43
2.7.3	<i>Baterías de Níquel Metal - Hidruro</i>	44
2.7.3.1	<i>Autonomía de la batería</i>	44
2.7.4	<i>Cálculo de la autonomía.....</i>	45
2.7.5	<i>Rutas de conducción.....</i>	46
2.7.5.1	<i>Selección de la ruta de conducción</i>	46
2.7.5.2	<i>Delimitación de ocupantes y carga</i>	47
2.7.5.3	<i>Delimitación de la ruta de conducción.....</i>	47
2.7.6	<i>Ruta de Conducción 1</i>	48
2.7.6.1	<i>Circuito de la ruta de conducción 1</i>	48
2.7.7	<i>Ruta de Conducción 2</i>	50

2.7.7.1	<i>Circuito de la ruta de conducción 2</i>	50
2.7.8	<i>Análisis de pendientes de la Ruta de Conducción 3</i>	51
2.7.8.1	<i>Circuito de la ruta de conducción 3</i>	52
2.7.9	<i>Localización de los puntos de las Rutas de conducción.</i>	53
2.7.10	<i>Tramos de las Rutas de Conducción</i>	57
2.7.11	<i>Las partes principales del circuito de suministro de energía</i>	62
2.7.11.1	<i>Transformador</i>	62
2.7.11.2	<i>Rectificador</i>	63
2.7.11.3	<i>Filtro / depósito</i>	63
2.7.11.4	<i>Reguladores</i>	63
2.7.11.5	<i>Arduino</i>	63
2.7.11.6	<i>ACS712. Sensor de corriente</i>	63
2.7.11.7	<i>Circuito divisor de voltaje</i>	64
2.7.11.8	<i>Sensor de temperatura LM35</i>	64
2.7.11.9	<i>LCD (Pantallas de cristal líquido)</i>	65
2.7.12	<i>Diseño y herramientas</i>	65
2.7.12.1	<i>Funcionamiento DATALOG</i>	66
2.7.12.2	<i>Código de programación para el DATALOG</i>	68
2.8	<i>Frenos</i>	74
2.8.1	<i>Análisis del freno.</i>	74
2.8.1.1	<i>Fuerza de frenado entre el neumático y el suelo.</i>	74
2.8.1.2	<i>Fuerza de frenado y presión del sistema.</i>	74
2.8.1.3	<i>Tiempo de frenado.</i>	76
2.9	<i>Sistema de suspensión</i>	76
2.9.1	<i>Vibraciones del vehículo.</i>	76
2.9.2	<i>Sistema de suspensiones mecánicas</i>	77
2.9.3	<i>Acelerómetro</i>	77
2.10	<i>Análisis estadístico de los resultados</i>	79

2.10.1	<i>Análisis descriptivo</i>	79
2.10.2	<i>Obtención de datos</i>	79
2.10.3	<i>Análisis exploratorio</i>	80
2.10.4	<i>Análisis estadístico</i>	80
2.10.5	<i>Demanda energética</i>	81

CAPITULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3	RESULTADOS	82
3.1	Análisis del freno	82
3.1.1	<i>Fuerza de frenado del vehículo entre el neumático y el suelo.</i>	82
3.1.2	<i>Fuerza de frenado y presión del sistema.</i>	83
3.1.3	<i>Fuerza Total de frenado.</i>	85
3.1.4	<i>Tiempo de frenado.</i>	86
3.1.5	<i>Análisis estadístico del tiempo de frenado</i>	87
3.2	Análisis del tren de potencia del VE	88
3.2.1	<i>Recolección de datos de las Rutas de Conducción</i>	88
3.2.2	<i>Ruta de conducción 1</i>	88
3.2.3	<i>Ruta de conducción 2</i>	88
3.2.4	<i>Ruta de conducción 3</i>	89
3.2.5	<i>Análisis de datos en tiempo real</i>	89
3.2.6	<i>Análisis de Voltaje de la Ruta de Conducción 1</i>	89
3.2.7	<i>Análisis de Voltaje de la ruta de conducción 2</i>	90
3.2.8	<i>Análisis de Voltaje de la ruta de conducción 3</i>	91
3.2.9	<i>Análisis de Corriente de la ruta de conducción 1</i>	91
3.2.10	<i>Análisis de Corriente de la ruta de conducción 2</i>	92
3.2.11	<i>Análisis de Corriente de la ruta de conducción 3</i>	93
3.2.12	<i>Análisis de la Potencia Consumida de la ruta de conducción 1</i>	93

3.2.13	<i>Análisis de Potencia Consumida de la ruta de conducción 2</i>	94
3.2.14	<i>Análisis de la Potencia Consumida de la ruta de conducción 3</i>	94
3.3	Cálculo de Autonomía para cada ruta de conducción	95
3.3.1	<i>Cálculo de la autonomía de la ruta de conducción 1</i>	95
3.3.2	<i>Cálculo de la autonomía de la ruta de conducción 2</i>	96
3.3.3	<i>Cálculo de la autonomía de la ruta de conducción 3</i>	97
3.4	Análisis comparativos de voltaje, corriente, potencia consumida, autonomía y SOC	98
3.4.1	<i>Análisis de voltajes en rutas 1, 2 y 3</i>	98
3.4.2	<i>Análisis de corriente en rutas 1, 2 y 3</i>	99
3.4.3	<i>Análisis de tensión e intensidad en la ruta 1</i>	100
3.4.4	<i>Análisis de tensión e intensidad en la ruta 2</i>	101
3.4.5	<i>Análisis de tensión e intensidad en la ruta 3</i>	101
3.4.6	<i>Análisis de Potencia consumida en rutas 1, 2 y 3</i>	102
3.4.7	<i>Análisis de autonomía en rutas 1, 2 y 3</i>	103
3.4.8	<i>Análisis de la intensidad y autonomía promedio en rutas 1, 2 y 3</i>	104
3.4.9	<i>Análisis de SOC en rutas 1, 2 y 3</i>	105
3.5	Análisis estadístico ANOVA	105
3.5.1	<i>Análisis de voltajes por rutas</i>	106
3.5.2	<i>Análisis de intensidades por ruta</i>	108
3.5.3	<i>Análisis de SOC por ruta</i>	111
3.5.4	<i>Análisis de autonomía por ruta</i>	113
3.5.5	<i>Análisis de Potencia consumida por ruta</i>	114
3.6	Análisis de vibraciones en el chasis	116
3.6.1	<i>Análisis de datos obtenidos por acelerómetro</i>	116
3.6.2	<i>Gráfica de medias para las vibraciones</i>	118
3.6.2.1	<i>Tabla ANOVA para vibración por terreno</i>	119
	CONCLUSIONES	120

RECOMENDACIONES..... 121

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Comparación de dispositivos.....	10
Tabla 2-1: Baterías Primarias.....	12
Tabla 3-1: Baterías Secundarias.....	13
Tabla 4-1: Comparación de los parámetros de los modelos propuestos	14
Tabla 5-1: Características de la batería	15
Tabla 6-1: Comparación de los parámetros estadísticos del ciclo EV de la ciudad de Dublín con el parámetro de los ciclos de conducción del mundo real.....	23
Tabla 7-1: Propiedades del (ASTM A36).....	27
Tabla 8-1: coeficiente de adherencia en distintos pitos de terreno.	33
Tabla 1-2: Especificaciones del motor DC	42
Tabla 2-2: Especificaciones del controlador.....	44
Tabla 3-2: Especificaciones de la batería Níquel Metal-Hidruro.....	44
Tabla 4-2: Altitud de cada punto de la ruta de conducción 1.....	48
Tabla 5-2: Altitud de cada punto de la ruta de conducción 2.....	50
Tabla 6-2: Altitud de cada punto de la ruta de conducción 3.....	52
Tabla 1-3: Tiempo de Frenado en Distintas Velocidades	86
Tabla 2-3: Valores agrupados de la ruta de conducción 1	88
Tabla 3-3: Valores agrupados de la ruta de conducción 2	88
Tabla 4-3: Valores agrupados de la ruta de conducción 3	89
Tabla 5-3: Comparación de intensidad y autonomía.....	104
Tabla 6-3: Tabla ANOVA para el voltaje	108
Tabla 7-3: Tabla ANOVA para la intensidad	110
Tabla 8-3: Tabla ANOVA para el voltaje	112
Tabla 9-3: Tabla ANOVA para el Autonomía.....	114
Tabla 10-3: Tabla ANOVA para el voltaje.....	116

Tabla 11-3: Tabla ANOVA de la vibración en ruta..... 119

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Configuración de un vehículo eléctrico	8
Figura 2-1: Ciclo de vida de la batería.....	12
Figura 3-1: Banco de Pruebas	16
Figura 4-1: Mapa de la región de recolección de datos	20
Figura 5-1: Suspensión de brazos	25
Figura 6-1: Vehículo de estudio.....	26
Figura 7-1: Ten delantero con suspensión de brazos independientes	27
Figura 8-1: Brazos de suspensión con sus respectivos perfiles.	27
Figura 9-1: Cargas y condiciones de frontera para la suspensión.....	29
Figura 10-1: Cargas y condiciones de frontera para la estructura.....	29
Figura 11-1: Fuerzas de reacción de la suspensión delantera.	30
Figura 12-1: Fuerzas de reacción de la suspensión delantera en la condición de frenado.....	30
Figura 13-1: Fuerzas de fricción que retienen el movimiento del automóvil.	32
Figura 14-1: Fuerzas sobre el pedal de freno.....	34
Figura 15-1: Diámetro de la bomba y el cilindro.....	35
Figura 16-1: Sistema de frenos de zapatas (Izquierdo) y de disco (derecho).	35
Figura 1-2: Motor eléctrico tipo Brushless 2200 Watts	42
Figura 2-2: Esquema de conexiones y conectores	43
Figura 3-2: Delimitación de ruta de conducción.....	46
Figura 4-2: Circuito de la ruta de conducción 1.	49
Figura 5-2: Circuito de la ruta de conducción 2.	51
Figura 6-2: Circuito de la ruta de conducción 3.	52
Figura 7-2: Datos de posición del inicio de la ruta de conducción.....	53
Figura 8-2: Datos de posición de la escuela de agronomía.....	54
Figura 9-2: Datos de posición de la facultad de ciencias.....	54

Figura 10-2: Datos de posición de la facultad de informática y electrónica.....	54
Figura 11-2: Datos de posición de la carrera de ingeniería automotriz.....	55
Figura 12-2: Datos de posición de la puerta lateral Av. Milton Reyes.....	55
Figura 13-2: Datos de posición de la escuela de Marketing.....	55
Figura 14-2: Datos de posición de la escuela gastronomía.....	56
Figura 15-2: Datos de posición de la avenida principal de la ESPOCH.....	56
Figura 16-2: Datos de posición de la avenida principal de la ESPOCH.....	56
Figura 17-2: Datos de posición del Laboratorio de Autotrónica.....	57
Figura 18-2: Datos de posición de la Escuela de Gestión de Transporte.....	57
Figura 19-2: Datos de posición del punto final de la ruta de conducción.....	57
Figura 20-2: Tramo 1 de la ruta de conducción.....	57
Figura 21-2: Tramo 2 de la ruta de conducción.....	58
Figura 22-2: Tramo 3 de la ruta de conducción.....	58
Figura 23-2: Tramo 4 de la ruta de conducción.....	59
Figura 24-2: Tramo 5 de la ruta de conducción.....	59
Figura 25-2: Tramo 6 de la ruta de conducción.....	60
Figura 26-2: Tramo 7 de la ruta de conducción.....	60
Figura 27-2: Tramo 8 de la ruta de conducción.....	60
Figura 28-2: Tramo 9 de la ruta de conducción.....	61
Figura 29-2: Tramo 10 de la ruta de conducción.....	61
Figura 30-2: Tramo 11 de la ruta de conducción.....	62
Figura 31-2: Tramo 12 de la ruta de conducción.....	62
Figura 32-2: Tramo 13 de la ruta de conducción.....	62
Figura 33-2: Circuito divisor de voltaje.....	64
Figura 34-2: Relé SPDT	65
Figura 35-2: Diagrama de bloques.....	66
Figura 36-2: Circuito general.....	66
Figura 37-2: Diagrama de funcionamiento de recolección de datos.....	67

Figura 38-2: Diagrama divisor de voltaje	67
Figura 39-2: Circuito general DATALOG	68
Figura 40-2: Diagrama de conexión entre el acelerómetro y microcontrolador DATLOG.....	78
Figura 1-3: a) vehículo sobre la balanza b) Peso del vehículo sin ocupantes.....	82
Figura 2-3: Diámetro pistón de la mordaza del freno	85

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1: Resumen de la propuesta de investigación.....	6
Gráfico 2-1: Voltaje de descarga en función del tiempo.....	17
Gráfico 3-1: Voltaje de carga en función del tiempo.....	18
Gráfico 4-1: Carga de la batería en función del tiempo (Experimental y Simulación).....	18
Gráfico 5-1: (Izquierda) Tasa de aceleración calculada a partir de datos de velocidad. (Derecha) Velocidad sin procesar y datos de velocidad suavizados del núcleo.....	20
Gráfico 6-1: Primera, Voltaje de la batería. Segunda, Corriente de la batería. Tercera, Potencia de la batería.	21
Gráfico 7-1: Agrupamiento de los micro segmentos de tipo vial urbano.	22
Gráfico 8-1: Ciclos de conducción en la ciudad de Dublín.	23
Gráfico 1-2: Diagrama de flujo de marco metodológico	41
Gráfico 2-2: Pendientes Positivas y Negativas Ruta de Conducción 1.....	49
Gráfico 3-2: Pendientes Positivas y Negativas Ruta Conducción 2.....	51
Gráfico 4-2: Pendientes Positivas y Negativas Ruta de Conducción 3.....	53
Gráfico 5-2: Comparación de consumo de energía y autonomía.	80
Gráfico 6-2: Estado de carga VS Distancia de recorrido	81
Gráfico 7-2: Demanda energética acumulada.....	81
Gráfico 1-3: Tiempo de frenado.....	87
Gráfico 2-3: Análisis estadístico del tiempo de frenado	87
Gráfico 3-3: Voltaje en tiempo real Ruta 1.....	90
Gráfico 4-3: Voltaje en tiempo real Ruta 2.....	90
Gráfico 5-3: Voltaje en tiempo real Ruta 3.....	91
Gráfico 6-3: Intensidad en tiempo real Ruta 1	92
Gráfico 7-3: Intensidad en tiempo real Ruta 2.....	92
Gráfico 8-3: Intensidad en tiempo real Ruta 3.....	93

Gráfico 9-3: Potencia consumida en tiempo real Ruta 1.....	94
Gráfico 10-3: Potencia consumida en tiempo real Ruta 2.....	94
Gráfico 11-3: Potencia consumida en tiempo real Ruta 3.....	95
Gráfico 12-3: Voltaje de las agrupaciones.....	98
Gráfico 13-3: Voltaje en tiempo real de las agrupaciones.....	99
Gráfico 14-3: Intensidad de las agrupaciones.....	99
Gráfico 15-3: Intensidad en tiempo real de las agrupaciones.....	100
Gráfico 16-3: Comportamiento de la tensión e intensidad en la ruta 1.....	101
Gráfico 17-3: Comportamiento de la tensión e intensidad en la ruta 2.....	101
Gráfico 18-3: Comportamiento de la tensión e intensidad en la ruta 3.....	102
Gráfico 19-3: Potencia consumida de las agrupaciones.....	102
Gráfico 20-3: Potencia en tiempo real de las agrupaciones.....	103
Gráfico 21-3: Autonomía consumida de las agrupaciones.....	103
Gráfico 22-3: a) Media de la intensidad en las 3 Rutas b) Autonomía de las 3 Rutas.....	104
Gráfico 23-3: SOC de las agrupaciones.....	105
Gráfico 24-3: Medias del voltaje de las rutas.....	106
Gráfico 25-3: Análisis estadístico voltaje Ruta 1.....	106
Gráfico 26-3: Análisis estadístico voltaje Ruta 2.....	107
Gráfico 27-3: Análisis estadístico voltaje Ruta 3.....	107
Gráfico 28-3: Medias de la corriente de las rutas.....	108
Gráfico 29-3: Análisis estadístico corriente Ruta 1.....	109
Gráfico 30-3: Análisis estadístico corriente Ruta 2.....	109
Gráfico 31-3: Análisis estadístico corriente Ruta 3.....	110
Gráfico 32-3: Gráfico de medias del SOC por rutas.....	111
Gráfico 33-3: Análisis estadístico SOC Ruta 1.....	111
Gráfico 34-3: Análisis estadístico SOC Ruta 2.....	112
Gráfico 35-3: Análisis estadístico SOC Ruta 3.....	112
Gráfico 36-3: Medias de la autonomía de las rutas.....	113

Gráfico 37-3: Análisis estadístico de la Autonomía	114
Gráfico 38-3: Medias de la potencia consumida de las rutas.....	115
Gráfico 39-3: Análisis estadístico SOC Ruta 3.....	115
Gráfico 40-3: Vibraciones en tiempo real de la ruta de conducción.....	116
Gráfico 41-3: Vibraciones en tiempo real de las 3 rutas de conducción.....	117
Gráfico 42-3: Análisis vibraciones del VE	117
Gráfico 43-3: Análisis vibraciones en factor Terreno.....	118
Gráfico 44-3: Análisis vibraciones mediante la gráfica de caja y bigotes.	119

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Proforma Yalu

Anexo B: Frente del VE

Anexo C: Vista lateral del VE

Anexo D: Punto de inicio Puerta Principal ESPOCH

Anexo E: Redondel Av. Principal ESPOCH

Anexo F: Facultad de Agronomía

Anexo G: Facultad de ciencias

Anexo H: Esquina Lab. Autotrónica

Anexo I: Escuela Ing. Automotriz

Anexo J: Puerta lateral Av. Milton Reyes

Anexo K: Escuela Gestión de Transportes


Anexo L: Escuela de Marketing

RESUMEN

El principal objetivo de este trabajo de integración curricular fue abordar temas relacionados a la fiabilidad e importancia de permitir el ingreso al parque automotor ecuatoriano vehículos híbridos o eléctricos 100%, en cuanto a fiabilidad se determinó mediante rutas de conducción, con distintas elevaciones, en qué circunstancia se desempeña mejor un vehículo 100% eléctrico, para relacionar las capacidades y desempeño del motor eléctrico. Mediante una metodología analítica se realizó un estudio de consumo eléctrico, vibraciones y tiempo de frenado, se determinó que es capaz de cumplir una condición de vehículo de carga o de transporte de personal dentro de una institución con un circuito cerrado como lo es la ESPOCH, al hablar de un factor interno positivo se encuentra la capacidad de Ecuador frente a la producción de energía eléctrica, tanto en fuente hídrica, como eólica las cuales se presentan con gran magnitud en nuestro medio. Mediante el análisis de datos obtenidos por el desempeño del VE y de su interpretación se logró obtener un resultado con una diferencia significativa en el desempeño del motor eléctrico en rutas con pendientes menores al 5% y mayores al 5% y que ruta de conducción es la más idónea para un vehículo 100% eléctrico. Es por lo que se concluye que un VE de 2200 Watts, 72 Voltios y 12 Amperios de capacidad, se desempeña de mejor manera en rutas de conducción que no comprenda pendientes de más de 5% en la cual se obtiene con una media de intensidad de 7.97 A una media de autonomía de 1.65 horas, de esta manera se pudo establecer recomendaciones a estudios futuros la continua innovación en fuentes de almacenamiento, como son las baterías de Ion Litio que por su mayor capacidad y su bajo efecto memoria son una mejor opción para el VE.

Palabras clave: <VEHÍCULO ELÉCTRICO>, <CICLOS DE VIDA>, <ELECTRO MOVILIDAD>, <EFECTO MEMORIA>, <RUTAS DE CONDUCCIÓN>, <AUTONOMÍA>, <EMBALAMIENTO>, <VOLTAJE>, <INTENSIDAD>, <VIBRACIONES>, <POTENCIA>, <PENDIENTES POSITIVAS>.

0863-DBRA-UPT-2022



19-05-2022



SUMMARY

The aim of this degree work was to address issues related to the reliability and importance of allowing the entry of hybrid or electric vehicles into the Ecuadorian vehicle fleet. In terms of reliability, driving routes at different elevations were used to determine under what circumstances a 100% electric vehicle performs best, and also relate the capabilities and performance of the electric motor. By means of the analytical methodology, a study of electrical consumption, vibrations and braking time was carried out, which determined that it is capable of achieving a condition of cargo vehicle or personnel transport within an institution with a closed circuit like Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. As a positive internal factor, it can be said that Ecuador has a great capacity for the production of electric energy, both in hydro and wind sources, which are present in great magnitude in our country. Through the data obtained from the performance of the electric vehicle and its interpretation, it was possible to identify a significant difference in the performance of the electric motor on routes with slopes less than 5% and greater than 5%, as well as the ideal route for this type of vehicle. It is concluded that an electric vehicle of 220 Watts, 72 Volts and 12 Ampere capacity, performs better in driving routes that do not include slopes of more than 5%, in which an average intensity of 7.97 A and an average autonomy of 1.65 hours are obtained. In this way, it was possible to establish recommendations for future studies on the continuous innovation in storage sources, such as lithium-ion batteries, which due to their higher capacity and low memory effect are a better option for electric vehicles.

Keywords: <ELECTRIC VEHICLES>, <LIFE CYCLE>, <ELECTRO MOBILITY>, <DRIVING ROUTES>, <AUTONOMY>



Lic. Cecibel Moreno N.

0602603938

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, es amenazante y alarmante la reducción de los combustibles fósiles o de fuentes no renovables, y el continuo cambio climático negativo, preocupa a la población y a los desarrolladores de las múltiples marcas de automóviles, a desarrollar diversas tecnologías, como los vehículos eléctricos, que cada día se vuelve un sistema de transporte moderno, y se espera adentrarse no solo en vehículos, sino que los motores eléctricos, sean una fuente para distintas herramientas. Según Sharma, Panwar y Tripathi (2020) “una cuestión energética y medioambiental ha llevado al desarrollo de vehículos eléctricos donde se realiza la integración de la ingeniería automotriz y eléctrica para lograr un vehículo eléctrico de alto rendimiento”. Un vehículo eléctrico se compone de distintas tecnologías que se han desarrollado en los últimos años, como las ingenierías eléctricas, electrónicas, mecánica y química, es por ello que al juntar estas diversas tecnologías se logra mejorar la eficiencia de un motor eléctrico así como reducir la contaminación ambiental. (Sharma, Panwar y Tripathi, 2020). Ya que como se conoce un vehículo eléctrico no emite gases contaminantes ni nocivos contra la salud durante su funcionamiento, es por ello que “para cargar el vehículo eléctrico, se requiere energía eléctrica que puede producirse a partir de fuentes renovables, por ejemplo, de plantas de energía hidroeléctrica, eólica, solar o de biogás”. A demás de ofrecer un apoyo continuo a las energías renovables, se debe ser conscientes que la temperatura anual en distintos continentes, como:

“En Europa se ha incrementado entre los 0,3°C y 0,6°C desde 1900, siendo la década de los 90 la más calurosa del siglo. El nivel del mar ha crecido entre 10 y 25 cm en los últimos 100 años y la superficie de los hielos continentales y oceánicos se ha visto reducida en el mismo período [...]” (Fraga, F. & Martínez-Ageitos, Jose. 2007) Todos estos cambios evidentes pueden atribuirse a la actividad humana, fundamentalmente a la emisión de los gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono, metano y óxidos de nitrógeno, los cuales, observándolos desde el punto de vista vehicular, son uno de los principales generadores de este gas contaminante, así como la quema de combustibles fósiles con fines energéticos constituyen las primeras causas de este fenómeno. Y Por primera vez en la larga historia de su presencia en la tierra, el hombre ha tomado conciencia de que su actividad está produciendo cambios que pueden resultar catastróficos para su propia supervivencia. La biosfera reacciona negativamente al modelo de producción y consumo de energía con un cambio climático cuyas consecuencias sólo comienzan a mostrarse. (Fraga, F. & Martínez-Ageitos, Jose. 2007).

Al hablar sobre lograr un desarrollo sostenible se enfoca en lograr una satisfacción de las necesidades planteadas o esperadas del proyecto y es aquí donde el desarrollo sostenible entra en participación ya que hay que tener en cuenta el no comprometer la capacidad de las generaciones

futuras de satisfacer sus necesidades, es por ello que optamos un cambio el cual permita utilizar distintos tipos de energías que se renuevan constantemente como el agua, el sol, el viento, ya que las energías renovables responden a este anhelado modelo de progreso que muchos reclaman desde hace años y que día a día van asumiendo los poderes públicos (Fraga, F. & Martinez-Ageitos, Jose. 2007).

Más aun cuando este tipo de energías se han vuelto una fuente de eficiencia, mucho mayor que los vehículos de combustión interna, es por ello que es primordial convertirlo en un vehículo utilitario, para que pueda desarrollar una función otorgada por su fabricante, para poder introducirse por ejemplo en vehículos de carga liviana, o como vehículo de vigilancia en una universidad o establecimiento, de transporte reducido, o de entregas de servicios a domicilio, hasta llegar a ocupar un espacio indispensable en funciones más complejas y más demandadas por la población a aplicar, como se ha mencionado el cambio de un tren motriz que incluye un motor a combustión interna, por uno eléctrico, mejora en gran cantidad, y al iniciar con este proyecto investigativo por el mismo hecho de que no es común encontrar este tipo de vehículos utilitarios eléctricos, se enfoca en un interés principal como el estudio de la eficiencia energética en el vehículo, de la misma manera buscamos generar una suspensión y dirección la cual transmita de manera correcta el estado de la calzada, para que de esta manera pueda el chofer conocer que tiene en frente para su conducción, esto viene en una constante evolución ya que muchos de los vehículos cuentan con suspensiones que evitan todo tipo de percepción tanto física como sonora de la carretera, y esto se convierte en un problema, es por ello que se busca mejorar un sistema de suspensión el cual transmita lo necesario para advertir al conductor y lo justo para no molestar su conducción (Ramos Teodoro, 2015).

CAPITULO I.- MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1 ANTECEDENTES

1.1 Planteamiento del problema

Los vehículos de combustión interna aportan con una gran parte de la contaminación ambiental del planeta, en los últimos años esta contaminación se ha reducido considerablemente gracias a los avances tecnológicos en el campo automotriz. Los gases contaminantes que tienen una cantidad significativa que expulsa el motor son los siguientes: nitrógeno (N₂) en un 71% del 100% de los gases de escape de un vehículo a gasolina, dióxido de carbono (CO₂) este está presente en un 14%, agua (H₂O) el agua está presente en un 13% aproximada y finalmente se tiene de un 1-2% de otros gases entre los cuales encontramos a los hidrocarburos (HC), óxidos nítricos (NO_x) y el monóxido de carbono (CO) (Redel-Macías, Berckmans y Cubero-Atienza, 2010). Los motores de combustión interna además de la contaminación ambiental generan contaminación sonora la cual puede producir migraña, falta de concentración del conductor, entre otros. En cuanto a la eficiencia que estos motores brindan se tiene que el motor de combustión interna de ciclo Otto tiene una eficiencia de entre el 20% y el 30% dependiendo de las condiciones de funcionamiento. Un motor de ciclo Diesel otorga una eficiencia de entre el 30% y el 45% en un caso favorable. Estos problemas son los que han permitido que la industria automotriz se vea forzada a buscar otros tipos de motores los cuales sean más eficientes, silenciosos y que utilicen energías renovables como los motores eléctricos (Redel-Macías, Berckmans y Cubero-Atienza, 2010). Los vehículos eléctricos ofrecen la oportunidad de trasladar una fuente importante de contaminación del aire de fuentes móviles en áreas urbanas densamente pobladas principalmente de los vehículos a combustión interna que funcionan con gasolina o Diesel, esta contaminación causada por estos vehículos es trasladada a centrales eléctricas estacionarias remotas como las centrales hidroeléctricas las cuales tienen gran aceptación en Ecuador. Esto permite numerosos beneficios relacionados con la mejora de la salud pública al reducir la formación de ozono troposférico o el smog de los vehículos que funcionan con gasolina y diésel. Es por ello que el cambio de la gasolina y el diésel a la electricidad permite que las fuentes de electricidad renovables y otras fuentes de electricidad bajas en carbono reduzcan la huella de carbono general y la energía incorporada del transporte (Kittner et al., 2019). Los vehículos eléctricos también ofrecen el potencial de proporcionar almacenamiento distribuido en la red eléctrica a través de esfuerzos de carga coordinados, lo que puede ayudar a equilibrar grandes penetraciones de generación eólica, energía solar intermitente como también de la energía que pueden proporcionar las centrales hidroeléctricas, los vehículos eléctricos ofrecen el potencial de cambiar la demanda de energía durante los períodos de carga máxima para la empresa de servicios eléctricos. De esta manera, pueden ayudar sistémicamente

a equilibrar y así integrar grandes porciones de electricidad renovable intermitente en la red (Kittner et al., 2019).

1.2 Justificación del proyecto

El vehículo eléctrico tipo Polaris, busca ser utilitario, por lo que buscamos que posea una autonomía mínimamente suficiente para que pueda cumplir con su propósito, es decir el de cargar un peso moderado y de dimensiones pequeñas, transporte de productos o de carga liviana o transporte de personal de seguridad dentro de una institución de mediana escala, la cual no cuente con irregularidades extremas en el suelo que eviten o dificulten su movilidad, es por ello que buscamos una fuente de energía más adecuada, como por ejemplo baterías recicladas de un vehículo híbrido, y baterías de plomo ácido de un vehículo convencional, teniendo en cuenta factores como la geografía de la ciudad en el que se va a movilizar, así como su alcance de recorrido, es por ello por lo que buscamos un ciclo de conducción para poder demostrar todas estas irregularidades, como son: elevaciones, bajadas, desniveles, y rectas, las cuales serán tomados independientemente para analizar su autonomía, y así encontrar el mejor estado o terreno para el desenvolvimiento del prototipo.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar un vehículo utilitario eléctrico mediante el avance continuo de las nuevas tecnologías automotrices y formas de mejorar la movilidad vehicular, con un diseño de suspensión adecuado que lo permitan movilizarse en carreteras de primer y segundo orden, con un tren motriz y sistema de propulsión eléctrico, y de esta forma introducir en el parque automotor local, vehículos eléctricos, o híbridos, que con su mayor eficiencia que la de un MCI, ayuden a detener la contaminación, que puedan ser utilitarios, y que puedan desempeñarse en trabajos de carga liviana, o de movilidad de personal de seguridad de una institución.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Crear un vehículo utilitario el cual brinde autonomía eléctrica, en cuanto a su batería, para que le permita desarrollar su función sin ningún problema, en distintas rutas de conducción.
- Construir el sistema de suspensión que permita la conducción por caminos de primer y segundo orden, y precautelar la seguridad de los dispositivos móviles para que no tengan golpes bruscos.

- Determinar el motor eléctrico adecuado con su respectivo controlador, y baterías que permitan su funcionamiento.
- Realizar pruebas de autonomía de la batería en 3 rutas de conducción y considerar pendientes positivas y negativas.
- Implementar un sistema de frenos que permita un frenado eficiente sin pérdidas por fricción que incidan en la eficiencia en el tiempo de frenado

1.4 Alcance

Prioritariamente buscamos corroborar la hipótesis, el análisis de la autonomía de la batería es fundamental para lograr este resultado, de acuerdo con lo planteado, la autonomía varía dependiendo del tipo de recorrido del vehículo utilitario eléctrico. Todos estos resultados se obtendrán con pruebas de manejo en distintos recorridos. Hoy en día necesitamos reducir en gran cantidad la contaminación ambiental y sonora, el ruido de los motores de combustión interna es un punto muy importante ya que afecta a la concentración del conductor, seguridad vial y ecosistema, es por esa razón que esperamos obtener resultados favorables que corroboren lo planteado y que colaboren en el país para que este les dé un salvedad al momento de importarlos, lo que permita que entren con más fuerza al mercado, y de esta manera como se ha revisado que en un futuro cercano el parque automotor tenga mayor demanda de vehículos con motores eléctricos, que de combustión interna. De la misma forma se quiere llevar a cabo conocimientos adquiridos en nuestra carrera para poder aplicarlos en la construcción de un vehículo utilitario eléctrico, y más específicamente poder utilizar las más recientes tecnologías de baterías, y sus medios de protección como son conexiones de jumpers para su mantenimiento, así como sistemas de protección al pre-encendido, para evitar averías de las baterías o el motor eléctrico.

1.5 Esquema del diseño teórico de la investigación

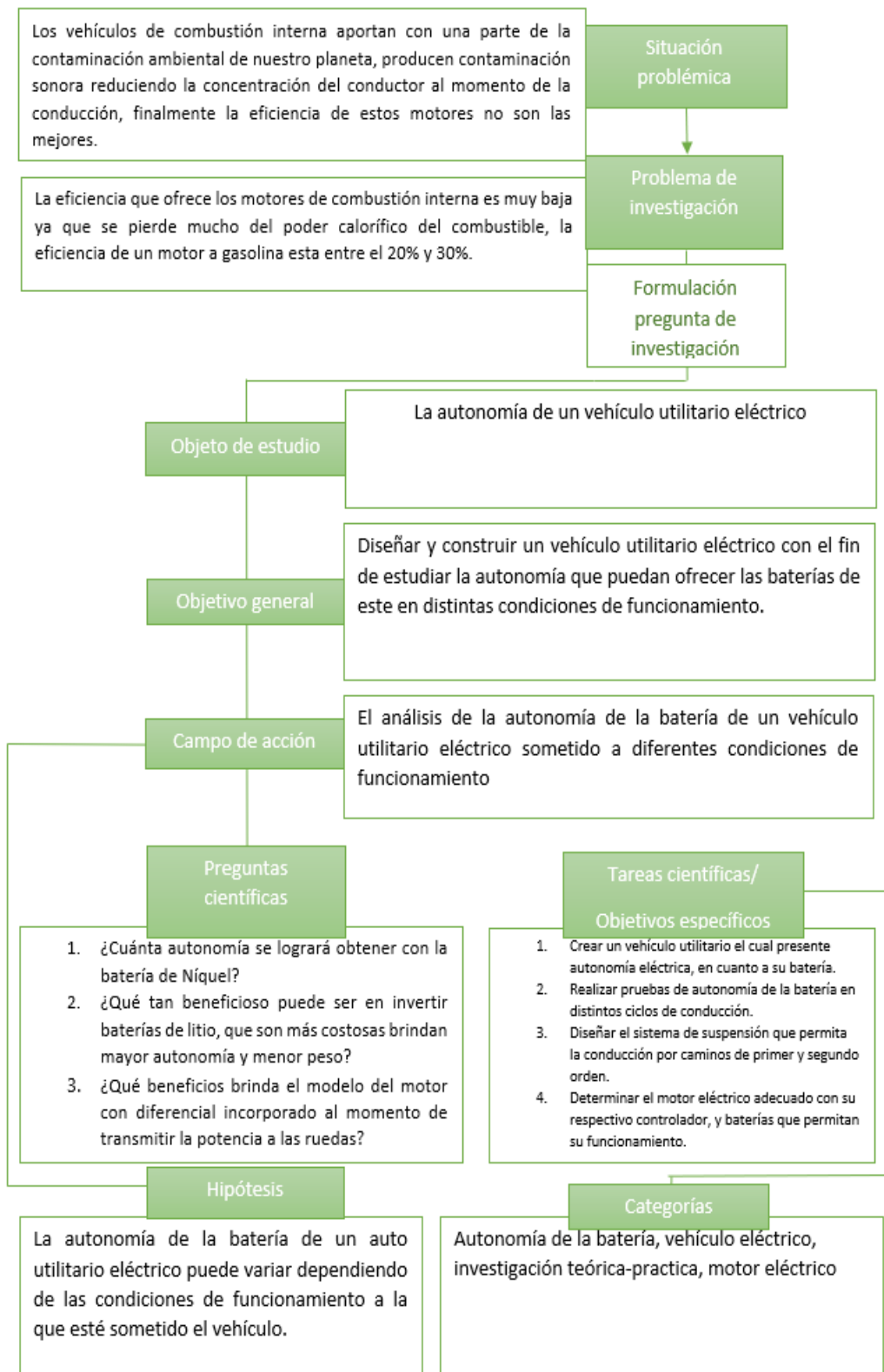


Gráfico 1-1: Resumen de la propuesta de investigación

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

1.6 Estado del arte

1.6.1 *Inconvenientes de los vehículos eléctricos*

Los inconvenientes principales de los vehículos eléctricos se presentan a través de los costos tiempos de carga, autonomía. Al hablar de costos, tanto de mantenimientos, como de repuestos del sistema de propulsión eléctrico, y al referirnos a la autonomía, y tiempos de carga, así como mantenimientos de las baterías, se presenta la dificultad para encontrar una estación de carga, es por esta razón que las personas no optan por comprar un vehículo eléctrico, y esto recae en que un país no apoye a que se abra el mercado de vehículos de eléctricos. Según Sharma, Panwar y Tripathi (2020) encontraron que “el costo de los vehículos eléctricos es más **dominante** en comparación con otro vehículo tradicional, también concluyeron que la gente no estaba dispuesta a pagar el alto costo exigido por los vehículos eléctricos” (Sharma, Panwar y Tripathi, 2020). Al analizar más a fondo y encontrarnos con el tema de autonomía, tiempo de carga, mantenimientos preventivos y correctivos, y tener en cuenta funciones como el **SOC**, se tiene en cuenta el motivo por el cual la gente opta por no comprar este tipo de vehículos, Como encuesta industrial revisada por Sharma, Panwar y Tripathi (2020) encontraron que “más del 63% de los compradores se negaron a adoptar los vehículos eléctricos debido al alto precio” (Sharma, Panwar y Tripathi 2020, p. 342). Al analizar los vehículos eléctricos y relacionarlos con la seguridad vial, suponen un problema que aún no se ha mencionado, los vehículos eléctricos no emiten sonidos, ni ruido y al circular a velocidades bajas pueden ser opacados por ruidos del ambiente o por el de otros vehículos de combustión interna, esto causa un grave problema para los peatones, como resultado de un estudio realizado a 12 personas con discapacidad con el vehículo en circulación a 30 Km/h, puso en manifiesto la problemática de estos vehículos, es por ello que se ha desarrollado sistemas de seguridad denominado AVAS (sistema acústico para advertencia de vehículos), los cuales simulan o emiten sonidos regulados con los decibeles adecuados para alertar a los peatones no solo con discapacidad visual, sino para todos los peatones (Poveda-Martínez et al., 2016).

Aun teniendo todos estos inconvenientes menores mencionados se puede determinar según estudios realizados que los vehículos híbridos y los vehículos eléctricos, pueden posicionarse como una fuerte competencia para los vehículos de combustión interna, por sus altas prestaciones de potencia, emisiones escasas, y evolucionar de la mano con la ayuda de sectores de producción y economía de cada país (Rajper y Albrecht, 2020), para que cada vez se puedan introducir más vehículos híbridos y eléctricos y de esta forma reducir costos relacionados a su importación (Yang et al., 2020), “convirtiéndose en una tecnología dominante, al reducir costos de fabricación, de reparación, simplicidad y bajo costo de mantenimiento, y un gran desarrollo de infraestructura de recarga”(Ruiz, 2019), y de esta manera y sirviendo como apoyo para abrir puertas al mercado concebir un vehículo híbrido que satisfaga demandas de potencia de las vías de hasta segundo

orden y de esta forma convertirse en un referente de movilidad sostenible en el país (Salazar Marin, Arroyave Londoño y Guevara Rojas, 2016).

1.6.2 Componentes de los vehículos eléctricos

Los vehículos eléctricos se basan en sistemas de propulsión; no se utiliza ningún motor de combustión interna. Se basa en energía eléctrica, por lo que los componentes principales del vehículo eléctrico son motores, controlador electrónico de potencia, sistema de almacenamiento de energía, sistema de carga y convertidor CC-CC. La figura 1-1 muestra la configuración crítica de un vehículo eléctrico (Sharma, Panwar y Tripathi, 2020).

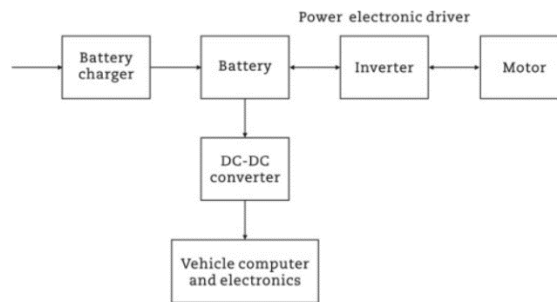


Figura 1-1: Configuración de un vehículo eléctrico

Fuente: (Sharma, Panwar y Tripathi, 2020)

1.6.3 Factores Internos

En estos factores se vuelve a tomar en cuenta al costo de los vehículos eléctricos, ya que en un inicio son precios más dominantes comparados con un vehículo de combustión interna, de esta manera se buscó concientizar y lograr que los vehículos eléctricos reduzcan sus precios rápidamente para que puedan adentrarse en el mercado, de igual manera el costo de encontrar una estación de carga, y los tiempos que conlleva el cargarlos. (Sharma, Panwar y Tripathi, 2020). Al avanzar los estudios e investigaciones, se obtuvo “una rápida caída en los precios como se esperaba, y esto sugiere varios parámetros, como el costo de conducción, el precio de compra y los costos de propiedad de los vehículos eléctricos” (Daina, Sivakumar y Polak, 2017)

1.6.4 Factores Externos

Los factores externos más relevantes son las condiciones de uso de un consumidor, precios de carga, disponibilidad, y van de la mano con la continua fluctuación de los precios de los combustibles, ya que se menciona que dependen de la adopción o que se permita el ingreso de los vehículos eléctricos al mercado (Sharma, Panwar y Tripathi, 2020), según (Yang et al., 2020) como caso de controversia, se menciona como factor externo al consumidor, en el aspecto de la educación, de los ingresos, el nivel de ambientalismo, y se puede mencionar a las personas con estudios superiores tengan la probabilidad de comprar un vehículo eléctrico (Yang et al., 2020). Se demostró que el modelo de aceptación de la tecnología puede explicar aproximadamente cómo los factores

externos influyen en la "actitud", la "creencia", para esto se desarrollaron técnicas implementadas por analistas, como el (PU) que se conoce como utilidad percibida y (PEU) facilidad de uso percibida para explicar y lograr predecir en base a estudios en muestras de grupos de personas, la aceptación individual de la tecnología y analizar los factores que influyen en la aceptación individual de nueva información (Tu y Yang, 2019).

1.6.5 Tecnologías futuras de los vehículos eléctricos

Debido a la continua mejora de las baterías y de los motores eléctricos, según (Mierlo et al., 2021) “como tal, la energía específica de la batería se puede mejorar de 110 Wh / kg en 2010 hasta 450 Wh / kg en 2030. Al mismo tiempo, la densidad de energía de la batería puede aumentar de 310 Wh / L en 2010 hasta 1100 Wh / L para 2030”, de esta forma al permitir el ingreso de los vehículos eléctricos al mercado se puede reducir costos de 1000€ /kWh hasta 80 € /kWh o menos para el 2030, y llevar todos estos avances a mejoras de autonomía, más tiempo de conducción, y menor peso del vehículo, esto generará baterías más utilitarias, y convirtiendo a todo el vehículo en más seguro y duradero (Mounce y Nelson, 2019)

1.6.6 Controlador electrónico de potencia

El sistema de propulsión eléctrica es controlado por los dispositivos de potencia, este sistema consta de un dispositivo de conmutación de energía, con su control de bucle cerrado y estrategia de conmutación para hacer que el sistema sea eficiente. Según la revisión de la literatura, en los últimos 25 años, los dispositivos semiconductores de potencia se utilizan en vehículos eléctricos. En la década de 1970, los tiristores se utilizan como conmutadores semiconductores de potencia en los controladores de vehículos eléctricos. Pero ahora, los investigadores de un día reemplazaron un tiristor con nuevos dispositivos de potencia como el transistor de unión bipolar (BJT), el transistor de efecto de campo semiconductor de óxido metálico (MOSFET), el tiristor de apagado de la puerta (GTO), el transistor bipolar de puerta aislada (IGBT) y muchos más. (Sharma, Panwar y Tripathi, 2020) Sin embargo, debe ser necesario seleccionar un dispositivo de energía adecuado y la selección puede depender de los requisitos de los vehículos eléctricos y los parámetros de los dispositivos semiconductores.

1.6.7 Tren de Potencia

En los vehículos eléctricos o híbridos, el tren de potencia varía en gran medida, ya que por tener un motor eléctrico trifásico que necesita ser alimentado por baterías o supercondensadores, los cuales en conjunto al trabajar con el módulo de control o inversor conocido comúnmente, mediante un bus de CC de alto voltaje permite modificar controlar y determinar potencia, torque a ser entregado al motor trifásico, se debe tener en cuenta que los módulos inversores, trabajan a

un voltaje máximo y mínimo específico, para poder entregar su eficiencia, y para permitir que el motor eléctrico entregue su rendimiento conforme a lo esperado o su rendimiento máximo, es por ello que el tren de potencia depende en gran medida de una batería y un supercondensador, los mismos que pueden presentar o desarrollar inconvenientes que harían que esta eficiencia se disminuya o decaiga en períodos de tiempo determinados, esto se generará por caídas de voltaje durante el funcionamiento del vehículo (Chakraborty et al., 2019).

1.6.8 Motores Eléctricos

Los motores eléctricos cuentan cada vez con mejores características, y cada uno de sus modelos cuenta con distintas ventajas como por ejemplo alta densidad, alta eficiencia en rangos completos de velocidad, un par de respuesta rápido, así como confiabilidad para poderlo tomar como un vehículo utilitario, capaz de realizar sus funciones específicas y a un precio adecuado (Sharma, Panwar y Tripathi, 2020).

Tabla 1-1: Comparación de dispositivos

<i>Dispositivos</i>	IGBT	Transistor	Mosfet
<i>Caída de voltaje</i>	Medio	Bajo	Elevado
<i>Poder de control</i>	Bajo	Elevado	Bajo
<i>Modo de control</i>	Voltaje	Actual	Voltaje
<i>Velocidad de cambio</i>	Rápido	Medio	Muy rápido
<i>Voltaje</i>	Medio	Medio	Bajo
<i>Costo</i>	Bajo	Bajo	Elevado

Fuente: (Sharma, Panwar y Tripathi, 2020)

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

Después de revisar las características de todos los dispositivos de potencia, IGBT está recibiendo más atención para las aplicaciones de vehículos eléctricos. IGBT tiene ciertas ventajas sobre los otros dispositivos, como excelente conductividad como BJT y alta densidad de potencia, alta eficiencia, dispositivo de potencia compacto y económico. Tiene seis tiristores en cada módulo y su circuito de control está integrado en un solo paquete (Sharma, Panwar y Tripathi, 2020).

1.6.9 Sistema de almacenamiento de energía electroquímica y análisis dinámico de la batería (SETS)

El sistema de almacenamiento de energía es el sistema más importante, ya que cumple funciones como manejar y determinar el flujo de energía, es por ello por lo que la batería de los motores eléctricos, es el principal tema de estudio, y el constante avance por mejorar autonomía y brindar más capacidad de almacenaje (Sharma, Panwar y Tripathi, 2020). Hoy en día existen en el medio, diversos tipos de baterías clasificadas entre baterías primarias, secundarias y supercondensadores, las cuales funcionan a través de un electrolito, que se encarga de permitir el desplazamiento de electrones a través de reacciones químicas, hoy existen muchos almacenadores de energía (Sharma, Panwar y Tripathi, 2020). Es por ello que para su análisis no solo se enfoca en componentes individuales de la batería o solo su comportamiento en sus terminales, para obtener un resultado diferente e íntegro se requiere modelar el flujo de energía absorbido y entregado por la batería, es decir se necesita el modelo eléctrico dinámico, para no solo analizar el comportamiento eléctrico y térmico en sus ciclos de descarga y carga, sino también se puede generar una configuración la cual permita con su modelo analizar distintos vehículos eléctricos e híbridos, el mismo modelo ayudara a la creación al desarrollo de un nuevo vehículo eléctrico el cual podrá evitar estudios de autonomía y menorar tiempos de análisis individuales, por el hecho de ya poseer un modelo de configuración adecuada (Benabdelaziz y Maaroufi, 2017). Según Pereira Micena et al., (2018) y Chowdhury et al., (2018) cabe recalcar que existen otras fuentes de obtener energía las mismas pueden ser por generadores energía eólica como el que se encuentra en Loja-Ecuador, la central eólica Villonaco, así como energía solar, ya que su irradiación diaria promedio en zonas como las de Ecuador, determina que en horas pico de sol, conocido así, porque se entiende que el recibir sol por horas determinadas en una localización determinada y la misma siendo de (1kW/m²) durante un tiempo prolongado, es un ambiente idóneo para tomar en cuenta a los vehículos con energía solar o fotovoltaica, o un sistema que almacene y acumule la energía solar en un supercondensador, el mismo que abastezca a un motor eléctrico (Chowdhury et al., 2018).

1.6.10 Ciclo de vida de la batería

Se denomina ciclo de vida de la vida de la batería a la de descarga completa y luego de recarga completa. El rango de vida de una batería esta aproximadamente entre los 2000 y 8000 ciclos y en promedio el tiempo de vida de una batería esta aproximadamente en el rango de 18 meses a 36 meses. Al llegar a su vida útil estas no mueren, sino que su eficiencia columbia se deteriora considerablemente es decir la carga de la batería a descargarse más rápido y su capacidad de recarga disminuye por completo. La carga repetida debilita a la batería, así como el calentamiento repetido, con la finalidad de reducir los efectos adversos producidos por la carga repetida se recomienda utilizar cargadores baterías establecidos por el fabricante (Guambo Daquilema, 2019).

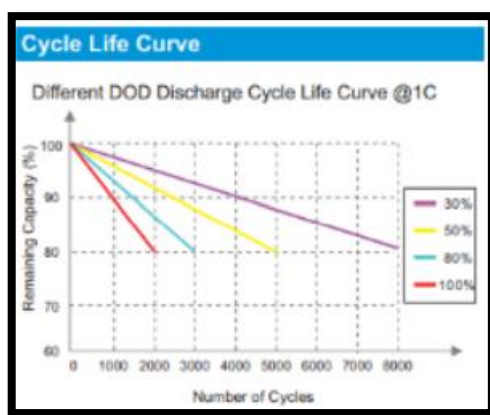


Figura 2-1: Ciclo de vida de la batería

Fuente: (Guambo Daquilema, 2019)

1.6.11 Baterías primarias

Las baterías primarias, también conocidas como secas, son las primeras introducidas en los vehículos.

Tabla 2-1: Baterías Primarias

Batería primaria	Material del cátodo	Material del ánodo	Electrolito / reacción	Voltaje / corriente nominal	Capacidad práctica
Zinc-carbono y manganeso alcalino	MnO ₂	Zn	Acuoso KOH / NH ₄ Cl $Zn + 2MnO_2 + 2H_2O \rightarrow 2MnOOH + Zn(OH)_2$ $2Zn + 2MnO_2 \rightarrow ZnO + Mn_2O_3$	0,16–44 A	75–35 A · h/kg
Zinc-aire	O ₂	Zn	Electrolito alcalino $Zn + 2OH^- \rightarrow Zn(OH)_2 + 2e^-$ (ánodo) $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$ (cátodo) $Zn + 1/2O_2 \rightarrow ZnO$ (reacción general)	0,4–2 mA	40–600 mA · h
Óxido de plata	Zn	Ag ₂ O	Electrolito acuoso de KOH o NaOH $Zn + Ag_2O \rightarrow ZnO + 2Ag$ (reacción general)	1,5–1,6 V	165 mA · h
Dióxido de litio-azufre	Acetileno unido con teflón negro	Li	$2Li + 2SO_2 \rightarrow Li_2S_2O_4$ (reacción general)	2,7–2,9 V	~260 W · h / kg
Cloruro de litio-tonilo	Carbono poroso	Li	$4Li + 2SOCl_2 \rightarrow 4LiCl + S + SO_2$ (reacción general)		450–600 W · h / kg
Dióxido de litio-manganeso	MnO ₂	Li	Componentes orgánicos conductores de iones $Li \rightarrow Li^+ + e^-$ (ánodo) $2MnO_2 + Li^+ + e^- \rightarrow MnO_2 \cdot (Li^+)$ (cátodo) $MnO_2 + Li \rightarrow MnO_2 \cdot (Li^+)$ (reacción general)	3,60 V	200 W · h / kg
Monofluoruro de litio-carbono	Fluoruro de policarbonato	Li	$xLi + CF_x \rightarrow xLiF + xC$ (reacción general)	2,8 V	200–600 W · h / kg

Fuente: (Sharma, Panwar y Tripathi, 2020)

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

1.6.12 Baterías Secundarias

Son consideradas como las baterías recargables, las cuales permiten un almacenamiento, y un sistema de carga y descarga para mejorar el rendimiento de un vehículo eléctrico.

Tabla 3-1: Baterías Secundarias

Baterías secundarias	Material del cátodo	Material del ánodo	Electrolito / reacción	Voltaje nominal (V)	Capacidad práctica (W · h / kg)
Plomo-ácido	PbO ₂	Pb	H ₂ SO ₄ solución acuosa $Pb + SO_4^{2-} \leftrightarrow PbSO_4 + 2e^-$ (ánodo) $PbO_2 + 4H^+ + SO_4^{2-} + 2e^- \leftrightarrow PbSO_4 + 2H_2O$ (cátodo) $PbO_2 + 2PbSO_4 + Pb \leftrightarrow PbSO_4 + 2H_2O$ (reacción total)	2	30-50
Níquel Cadmio	NiOOH	CD	Solución acuosa de KOH $Cd + 2OH^- \leftrightarrow Cd(OH)_2 + 2e^-$ (ánodo) $2NiOOH + 2H_2O + 2e^- \leftrightarrow 2Ni(OH)_2 + 2OH^-$ (cátodo) $2NiOOH + Cd + 2H_2O \leftrightarrow Ni(OH)_2 + Cd(OH)_2$ (reacción total)	1.2	50
Hidruro de níquel-metal	NiOOH	Aleación de hidrógeno adsorbido	Solución acuosa de KOH $H_2 + 2OH^- \leftrightarrow 2H_2O + 2e^-$ (ánodo) $2NiOOH + 2H_2O + 2e^- \leftrightarrow 2Ni(OH)_2 + 2OH^-$ (cátodo) $2NiOOH + H_2 \leftrightarrow 2Ni(OH)_2$ (total reacción)	1.2	100
Iones de litio	LiCoO ₂	C + Li / Li	Electrolito orgánico con sal de litio $Li(C) \leftrightarrow Li(1-x)(C) + xLi^+ + xe^-$ (ánodo) $xLi^+ + xe^- + Li(1-x)CoO_2 \leftrightarrow LiCoO_2$ (cátodo) $Li(C) + Li(1-x)CoO_2 \leftrightarrow LiCoO_2$ (reacción total)	3.6	150-200
Litio-azufre	S	Li	Electrolito líquido $Li_2S_8 + 2e^- + 2Li^+ \leftrightarrow 2Li_2S_4$ $Li_2S_4 + 2e^- + 2Li^+ \leftrightarrow 2Li_2S_2$ $Li_2S_2 + 2e^- + 2Li^+ \leftrightarrow 2Li_2S$	2.15	2600-2800
Litio-aire	LiCoO ₂	C	Electrolito líquido o en gel $2Li + O_2 \leftrightarrow Li_2O_2$ $4Li + 6H_2O + O_2 \leftrightarrow 4(LiOH \cdot H_2O)$	3.1	3620-5200

Fuente: (Sharma, Panwar y Tripathi, 2020)

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

Es por ello por lo que al analizar el vehículo eléctrico con baterías de Plomo-ácido, como Li-ion obtuvimos una eficiencia de ambos tipos de baterías muy semejante, pero las pruebas y ciclos de conducción realizados otorgó mejores resultados y más aceptables con las baterías de Li-ion, por muchos factores como por ejemplo peso que es un factor muy importante en un tren de potencia de motor eléctrico, así como la eficiencia de sistema que permite entregar la potencia y torque sin pérdidas, y la eficiencia del sistema de almacenamiento, que otorga mayor autonomía, al mejorar los ciclos de conducción, como se puede observar en la tabla 4-1. Según Soares Dos Santos et al., (2020) se pudo demostrar que “en las aplicaciones de dos bancos de baterías, en momentos en los que se necesitaban picos de velocidad superiores a 78,5 km / h, el vehículo con la arquitectura propuesta no podía cumplir con la solicitud”, de la misma manera al analizar la temperatura de funcionamiento encontramos que las baterías de plomo-ácido trabajan con temperaturas más bajas que las de Li-ion, lo mismo que no se presenta como un inconveniente puesto que tienen rangos de temperatura de trabajo diferentes y esto no se presenta como una falla o inconveniente (Soares Dos Santos et al., 2020), de esta forma se rompen barreras para la comercialización de los vehículos eléctricos, híbridos o enchufables en el parque automotor ecuatoriano puesto que después de todo

el análisis se observa de manera global que los avances continuos en baterías superó a los sistemas de los MCI (Cueva Sánchez et al., 2018).

Tabla 4-1: Comparación de los parámetros de los modelos propuestos

<i>Tipo de arquitectura de simulado</i>	Eficiencia del motor (%)	Eficiencia desde el banco de pilas (%)	Peso del vehículo (Kg)	Peso del banco de pilas (Kg)
<i>Plomo ácido Pb</i>	82	77	1.583	275
<i>Ion litio (Li-ion)</i>	82	88	1.372	64
<i>MCI</i>	22	-	1.467	-

Fuente: (Soares Dos Santos et al., 2020).

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

1.6.13 Estimación de la batería SOC para un vehículo eléctrico híbrido mediante el método de recuento de Culombio

En la actualidad los vehículos eléctricos poseen la aceptación de un gran número de transportistas y peatones como una tecnología prometedora para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero los cuales son muy perjudiciales para el medio ambiente, los vehículos eléctricos de encuentran como principales pioneros para desarrollar un sistema de transporte autónomo (Gómez et al., 2017). Actualmente la principal tecnología de almacenamiento de energía que se utilizan en vehículo eléctricos son las baterías de iones de litio, el avance de la tecnología ha permitido aumentar la autonomía y prestaciones de estas baterías. Para poder evaluar las prestaciones que brindan los vehículos eléctricos es necesario disponer de modelos que realizan simulaciones reales tanto de las baterías como del mismo vehículo eléctrico (Rodríguez Cea, 2017). La autonomía que puede brindar un vehículo eléctrico es considera como el punto clave, tanto para el desarrollo como para la comercialización de estos. La autonomía que pueda brindar las baterías está relacionada con la cantidad de energía almacenada y la energía restante que dispone la batería, que es el estado de carga (SOC). Los vehículos eléctricos requieren una fuente de alimentación a bordo, el cual suministre la energía al motor y este pueda proporcionar movimiento al vehículo. Las baterías electroquímicas han realizado ese papel, actualmente estas baterías están sujetas a un rendimiento en termino de volumen de energía y masa. Una carga y descarga inadecuada producirán una caída en el rendimiento de la batería, reduciendo considerablemente su vida útil y el correcto funcionamiento de la misma, el SOC indica cómo mejorar una batería, su confiabilidad, extender su vida útil y optimizar la estrategia de distribución de energía de los vehículos (Zine et al., 2018).

1.6.13.1 Método de recuento de culombio

El método de integración de corriente (método de columbio), se basa en el número de amperios-hora dentro y fuera de la batería del vehículo eléctrico. La precisión del método depende del sensor de corriente, la eficiencia coulombica debe ser reflejada en el método de recuento de columbio dependiendo de la carga y descarga de la batería. Para La determinación del estado de carga se requiere el conocimiento del estado de carga inicial, la estimación de la batería pro este método se define de la siguiente manera (Zine et al., 2018).

$$SOC = SOC_0 - \frac{1}{C_N} \int_{t_0}^t \eta \cdot I(\tau) d\tau$$

Mientras el estado de carga inicial sea conocido el método de recuento de culombios se vuelve bastante exacto, pero, si no se tiene el estado de carga inicial el método se vuelve menos preciso. Además, la eficiencia coulombica que ofrece la batería depende mucho de las condiciones de funcionamiento como la temperatura, la corriente, etc. El método de recuento de culombio es utilizado ampliamente debido a su simplicidad y efectividad ya que fue probado en varios experimentos en baterías de ion-litio (Zine et al., 2018).

1.6.13.2 Método experimental.

La batería utilizada para este estudio es una batería AGM Plomo-acido con voltaje nominal de 12V y una capacidad de 100Ah.

Tabla 5-1: Características de la batería

<i>parámetro</i>	<i>valor</i>
<i>Fabricante</i>	VISION
<i>Modelo</i>	6FM100E-X
<i>Capacidad nominal</i>	100Ah
<i>Voltaje nominal</i>	12V
<i>Carga/ descarga</i>	Tensión de corte (13,8/10,8 V)
<i>Corriente de carga recomendada (0.25C)</i>	25 A
<i>Corriente de descarga máxima</i>	(tiempo corto<5s)900A
<i>Vida de diseño</i>	10 años
<i>Temperatura de funcionamiento (carga/descarga)</i>	-10C° -60C°/ -20C° -60C°
<i>Material de la carcasa</i>	ABS
<i>Peso</i>	29 Kg

Fuente: (Zine et al., 2018)

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

1.6.13.3 Proceso de carga y descarga

Se realiza la carga de la batería con una fuente de energía estable, esta fuente se regula a 14 voltios y a 5.5 A y se mide respectivamente el voltaje y la corriente con un multímetro y un sensor de pasillo cada 10 minutos hasta que la batería este completamente cargada como se observa en la figura 3-1. Al momento de desconectar la batería, debe estar en 13.92V y 0.89A, esta prueba se

lo realiza durante 5 días lo que equivale a 91 080 segundos o 23.5 horas, la resistencia variable es conectada a la batería a una temperatura ambiente, la resistencia se regula a 10 Amperios en el proceso de descarga y el valor de esta resistencia no varía durante este proceso. Además, el voltaje y corriente de la batería se miden cada 5 minutos, luego de 10 horas con 17 minutos la tensión de corte alcanza 10.8 V, al llegar a este valor se procede a desconectar la resistencia (Zine et al., 2018).



Figura 3-1: Banco de Pruebas

Fuente: (Zine et al., 2018).

1.6.13.4 Estrategias para minimizar el impacto en la red.

Los vehículos eléctricos al introducirse de manera acelerada al parque automotor de los distintos países y teniendo en cuenta a Ecuador, generan mayor impacto en la red eléctrica, es decir al buscar carga constante de los vehículos, se utiliza de manera más excesiva la red eléctrica, es por ello que se han desarrollado estrategias para mitigar estos excesos, una de las formas de mejorar el funcionamiento de la red eléctrica es generar refuerzos, es decir se debe realizar nuevas líneas de instalación, así como la instalación de transformadores para evitar la congestión o conocidos comúnmente como sobrecargas, se puede mencionar otras estrategias como la localización óptima de las estaciones de recarga y el uso de energías renovables, como las mencionadas anteriormente, hidroeléctricas, energía eólica o solar, así mismo se pueden generar estrategias de creación de algoritmos de carga controlada, la cual busca dividir la carga del vehículo eléctrico durante todo el día y así evitar congestiones en la red eléctrica (Ortega y Gómez, 2019).

1.6.13.5 Análisis de datos

En la gráfica 2-1 se presente el voltaje de descarga en función del tiempo, si esta simulación se compara con la hoja de datos se evidencia que varían ligeramente, esta variación puede darse por la impresión al extraer los parámetros del modelo de la batería. Al transcurrir las 10 horas el voltaje de descarga se encuentra en 10.8 V y esto de lo denomina voltaje de corte, el 10.8 V no corresponde a la descarga completa pero este valor es adecuado para el estado de carga mínimo que se lo puede representar con casi el 20% (SOC=20%). El análisis de la gráfica 1-1 da a conocer

que la descarga experimental se ajusta a la simulación, al final se aprecia que la tensión de 10.8 voltios se alcanza luego de 10 horas con 17 minutos, esto indica que la capacidad de la batería varía según los parámetros en la cual la batería funcione, parámetros como la temperatura, modo de carga, corriente de descarga etc. Además, el voltaje brindado por el fabricante están relacionadas con condiciones de funcionamiento ideales (Zine et al., 2018).

Para realizar la simulación se tomaron en cuenta las siguientes condiciones:

$$SOC_0 = 100\%$$

$$Vdis_{int} = 12.6 V$$

$$Vdis_{end} = 10.8 V$$

$$Tdis_{sum} = 36000 s$$

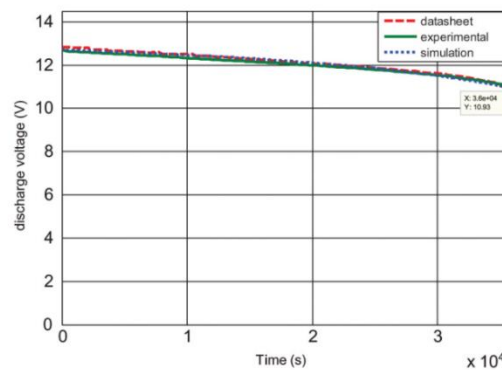


Gráfico 2-1: Voltaje de descarga en función del tiempo

Fuente: (Zine et al., 2018)

La gráfica 3-1 muestra el voltaje de carga en función del tiempo, el valor de 12.6 voltios se mantiene tanto para la simulación y para la hoja de datos, esto se da por el estado de carga inicial que es del 20%, el voltaje de carga aumenta rápidamente hasta llegar a estabilizarse en 13.8 voltios hay varios rangos en donde se existen cambios notorios. La fase de carga depende de varios factores como lo son la temperatura ambiental, voltaje y corriente de carga, modo de carga, etc. Para evitar sobrecarga la batería, el voltaje que suministra el cargador es cortado al verificar que la corriente es igual a 0.85 Amperios correspondiente a un tiempo de 20 horas (Zine et al., 2018).

Para la simulación del voltaje de la batería en función del tiempo se lo realizó bajo las siguientes condiciones:

$$SOC_0 = 20\%$$

$$Vch_{int} = 12.6 V$$

$$Vch_{end} = 13.8 V$$

$$Tch_{sum} = 72000 \text{ s}$$

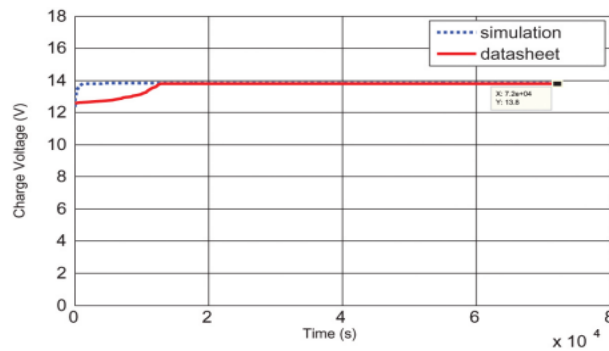


Gráfico 3-1: Voltaje de carga en función del tiempo

Fuente: (Zine et al., 2018)

En la gráfica 4-1, se muestra el estado de carga de la batería tanto de la simulación como de la experimentación, la curva es ligeramente diferente, esta diferencia es producida por la inexactitud del modelo de batería en el proceso de carga y el modelo genérico de la batería es más preciso porque ahí se utilizaron condiciones ideales. En la Figura 1-1 se comprueba que el método de conteo de coulomb ha logrado seguir el estado de carga concluyendo que este método no depende del modelo o tecnología de la batería (Zine et al., 2018).

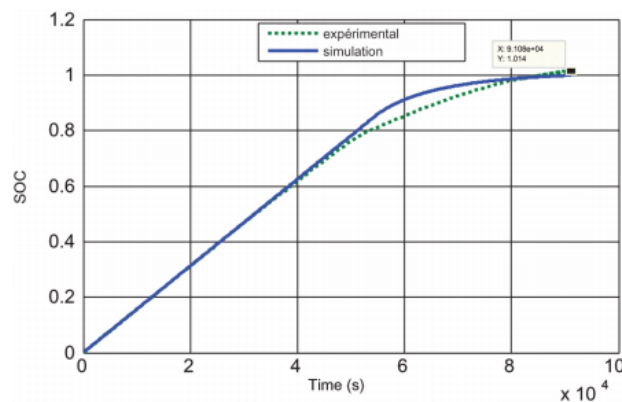


Gráfico 4-1: Carga de la batería en función del tiempo (Experimental y Simulación)

Fuente: (Zine et al., 2018)

1.6.14 Desarrollo de una ruta de conducción para evaluar la economía energética de vehículos eléctricos en zonas urbanas

La aplicación de electricidad a la propulsión de vehículos ofrece la posibilidad de sustituir el aceite por energías renovables, como una de las soluciones prometedoras a la crisis energética, la electricidad. Los vehículos (EV) se han promocionado en gran medida debido a su eficiencia energética superior. El consumo de vehículos eléctricos se ha convertido en un tema candente en investigaciones recientes (Chen et al., 2021). Con la tendencia de la electrificación tanto

del transporte público y privado los ciclos de conducción se han vuelto una de las herramientas más efectivas para evaluar el desempeño de los vehículos, generalmente se evalúa con pruebas de ciclo de conducción estandarizadas, pero los resultados de las pruebas de ciclo de conducción estandarizadas se desvían del ciclo de conducción del mundo real. Para probar la adaptabilidad de los automóviles de propulsión eléctrica a los ciclos de conducción del mundo real se realizan varias pruebas al tener en cuenta las condiciones de funcionamiento del vehículo (Zhang et al., 2019). Entender las condiciones en las que un vehículo puede moverse en forma de ciclos de conducción es fundamental para elaborar un tren de potencia y una fuente de energía eficiente. Los ciclos de conducción ayudan a medir la autonomía que pueden ofrecer estos vehículos, los ciclos de conducción se han desarrollado principalmente para proporcionar algunos perfiles de velocidad-tiempo y estos pretenden representar a los ciclos de conducción que se puedan encontrar en el mundo real (Brady y O'Mahony, 2016). La capacidad, el tamaño, la química de la batería juntamente con el tamaño de los componentes eléctricos que conforman el tren motriz depende principalmente del rango de conducción que se desea tener por parte del vehículo. Se debe considerar que la demanda de potencia máxima que exige el vehículo dependerá del tamaño de la batería, mientras que las fluctuaciones del estado de carga influirán radicalmente en la gestión térmica y en el estado de la batería del vehículo eléctrico, así como los ciclos de conducción en el mundo real sirven para analizar el ciclo de vida y los impactos que puedan tener los vehículos eléctricos en la red pública (Brady y O'Mahony, 2016).

1.6.14.1 Método

Para el desarrollo de la investigación se probaron 7 vehículos eléctricos de baterías Mitsubishi iMiEV juntamente con el suministro de energía de los hogares, esto fue realizado en un proyecto de 6 meses. Los registradores instalados en los vehículos obtenían información de los sensores disponibles en el BUS CAN del vehículo y la posición del vehículo se la obtuvo mediante el GPS instalado en el mismo. Los datos que se obtenían gracias al GPS y los sensores se registraban cada 5 segundos mientras que la velocidad del vehículo se la registraba cada segundo desde el BUS CAN, el estudio fue realizado con un total de 1485 viajes (Brady y O'Mahony, 2016). En la figura 4-1 se presenta las áreas en las que se registraron los datos. Al realizar de manera aleatoria las pruebas de ciclos de conducción se observa y obtiene que el factor de mayor consumo energético es el tipo de ciclo de conducción a realizar, así como el grado de pendiente o de inclinación seleccionado para el ciclo de conducción, el número de los ocupantes del vehículo que otorgan mayor o menor peso, y si se toma en cuenta parámetros como el tráfico, distancia de recorrido tipo de vía, estos tienen mayor influencia en el consumo energético (Méndez Torres, Gómez Berrezueta y Llerena Mena, 2020).



Figura 4-1: Mapa de la región de recolección de datos

Fuente: (Brady y O'Mahony, 2016).

1.6.14.2 *Procesamiento de datos*

Para la aceleración instantánea se utilizaron datos de velocidad medidos al utilizar diferenciación numérica, se utilizaron varias técnicas de suavizado para la velocidad del GPS pero se tomó en cuenta al algoritmo de suavizado de KERNEL, las tasas de aceleración fueron calculadas con las velocidades suavizados por el algoritmo del KERNEL (Brady y O'Mahony, 2016). En la gráfica 5-1 se presenta un algoritmo suavizado a un segmento de un ciclo, pero el algoritmo no siempre garantizaba que la aceleración no se encendiera de las capacidades que pueda brindar el vehículo, al analizar la gráfica 6-1 se observa, el voltaje, la corriente y la potencia, y se obtiene que la curva de la corriente sigue la curva original del motor y las curvas del par varían puesto que aumentan o cambian de acuerdo a la exigencia o demanda de par al aumentar la corriente de la batería (Abulifa et al., 2018).

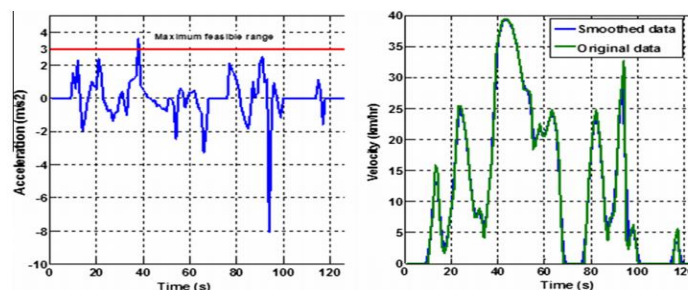


Gráfico 5-1: (Izquierda) Tasa de aceleración calculada a partir de datos de velocidad. (Derecha) Velocidad sin procesar y datos de velocidad suavizados del núcleo.

Fuente: (Zine et al., 2018)

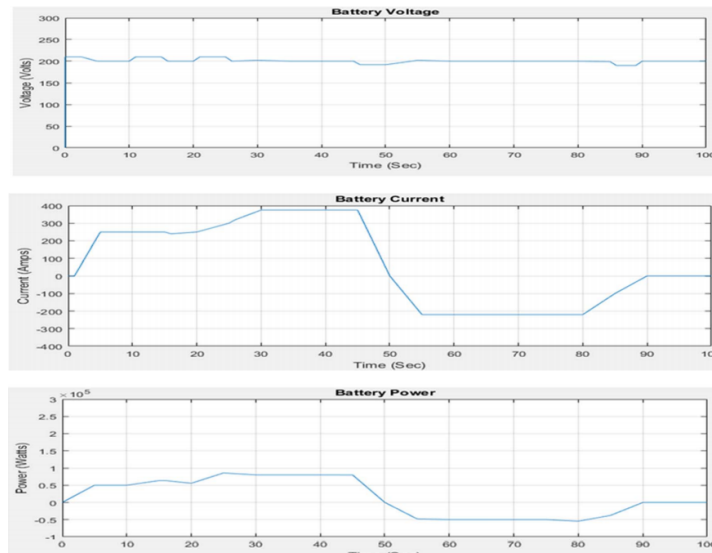


Gráfico 6-1: Primera, Voltaje de la batería. Segunda, Corriente de la batería. Tercera, Potencia de la batería.

Fuente: (Abulifa et al., 2018)

Posteriormente se procedió a realizar la simulación de la economía energética de cada ciclo que conducción, el tren motriz de autonomía fue modificado para replicar el tren motriz de un Nissan Leaf configurándolo con las especificaciones técnicas del vehículo y el método fue validado cuando se comparó la energía calculada por el software y la economía energética que proporciona la ficha del Nissan Leaf, la economía energética se define como la energía total consumida sobre la distancia que recorrió el vehículo (Wh/km), el rango de la economía energética del Nissan es de 175km y 173 Kw/km, entonces se dice que requerirá 30.3 KWh, la capacidad que ofrece la batería del Nissan es de 24 kWh, entonces la eficiencia de carga es del 80% aproximadamente. La economía energética del Nissan es de 137 W h/Km mientras que al economía energética simulada en el software es de 144 Wh/Km esto equivale aun a desviación del 5% aproximadamente de la economía certificada (Brady y O'Mahony, 2016).

La economía de energía se define como la energía de propulsión total utilizada dividida por la distancia recorrida. Después de que se calculó la economía de energía del vehículo, el siguiente paso en el análisis fue segmentar los datos por tipo de camino y nivel de congestión al utilizar una red neuronal. La forma en que se hizo es parte integral de la siguiente sección de Resultados y allí se presentarán los detalles de cada paso (Brady y O'Mahony, 2016).

1.6.14.3 Resultados y discusiones del ciclo de conducción analizado

Los horarios del día (9:30 am, 1 pm y 4:30 pm) se eligieron para que el vehículo se manejara en diferentes niveles de congestión. La congestión del tráfico fue mayor durante el viaje de las 4:30 pm y menos durante el viaje de las 9:30 am (Brady y O'Mahony, 2016).

En el análisis de los 898 km datos proporcionados se encontraron algunos ciclos de conducción como:

- Parada-arranque urbano
- urbano congestionado
- urbano de flujo libre
- extraurbano
- autopista congestionada
- autovía de flujo libre

Se agruparon algunas variables para los ciclos de conducción y se tuvo en cuenta los siguientes parámetros porcentaje de tiempo de actividad y la aceleración promedio en tres grupos que representan diferentes condiciones de tráfico, la gráfica 7-1 representa específicamente 3 grupos los cuales representan 3 niveles de congestión, la agrupación se la utilizo con la finalidad de formar minicilos de referencia los cuales ayudaran a optimizar la gestión que puedan brindan estos vehículo híbridos (Brady y O'Mahony, 2016).

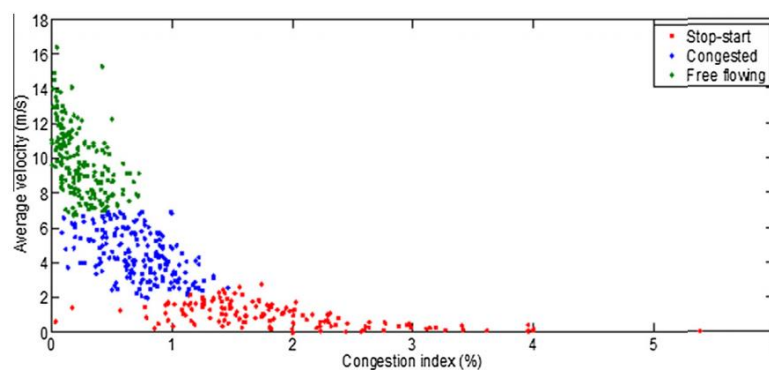


Gráfico 7-1: Agrupamiento de los micro segmentos de tipo vial urbano.

Fuente: (Brady y O'Mahony 2016).

Para obtener el ciclo de condición se realizó el proceso de la cadena de Markov se realizó para satisfacer las diez variables estadísticas determinadas por el análisis de regresión. Se requirió que los valores de las variables de los ciclos candidatos coincidieran con el valor medio de las variables de los ciclos de conducción del mundo real dentro de $\pm 10\%$; un rango que los autores consideraron un grado razonable de desviación (Brady y O'Mahony, 2016).

En la gráfica 8-1 se aprecia el ciclo de conducción que se obtuvo gracias al estudio realizado.

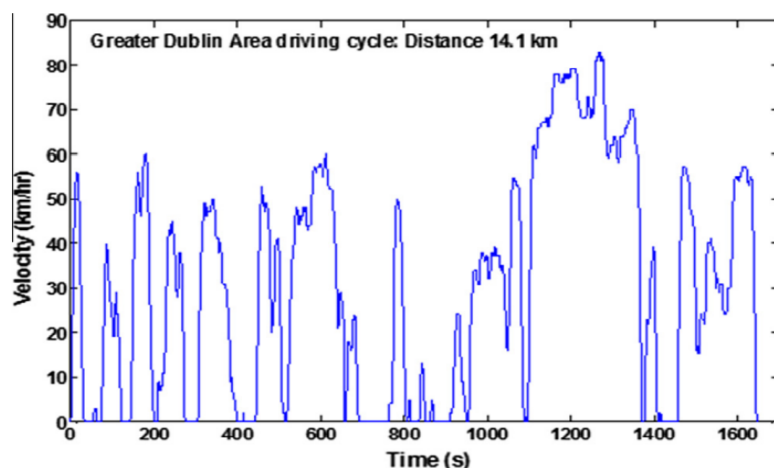


Gráfico 8-1: Ciclos de conducción en la ciudad de Dublín.

Fuente: (Brady y O'Mahony 2016).

En la tabla 6-1 se muestra que los parámetros estadísticos del ciclo desarrollado representan bien los valores medios de las variables de los ciclos de conducción del mundo real (Brady y O'Mahony, 2016).

Tabla 6-1: Comparación de los parámetros estadísticos del ciclo EV de la ciudad de Dublín con el parámetro de los ciclos de conducción del mundo real.

<i>Parámetros estadísticos</i>	Mundo real	En Dublín
	Ciclo de conducción	Ciclo EV de la ciudad
<i>Aceleración media (m/s²)</i>	0.59	0.60
<i>Número de paradas por kilometro</i>	1.4	1.42
<i>Porcentaje de tiempo de crucero (%)</i>	25.95	27.6
<i>Potencia máxima específica (W/Km)</i>	4540	4.805
<i>Número de paradas</i>	20	20
<i>Aceleración mínima (m/s²)</i>	-2.56	-2.5
<i>Porcentaje de tiempo de inactividad (%)</i>	1-.64	20.67
<i>Velocidad promedio (Km/h)</i>	30.60	30.87
<i>Aceleración máxima (m/s²)</i>	2.3	2.22
<i>Tiempo de crucero (s)</i>	495	454

Fuente: (Brady y O'Mahony, 2016).

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

El ciclo de conducción desarrollado constaba de las mismas proporciones de condiciones de conducción en términos de tipos de carreteras y condiciones de tráfico que las observadas en las condiciones de funcionamiento del mundo real. Además, la economía energética prevista del ciclo de conducción desarrollado es representativa de los valores de la economía energética del mundo real (Brady y O'Mahony, 2016).

1.6.15 Prueba de autonomía de las baterías

Los vehículos eléctricos presentan ventajas indiscutibles frente a los vehículos de combustión interna especialmente en el tema ambiental, sin embargo, todas estas ventajas se ven opacadas por la autonomía que puede brindar la batería del vehículo eléctrico, el combustible de un vehículo convencional se lo puede cargar en cuestión de minutos, pero la energía de las baterías requiere algunas horas para que puedan estar en óptimas condiciones de funcionamiento (Colomer Ferrándiz, Saiz Gabaldón y Colomer Font, 2016).

La ecuación 1 permite a calcular la autonomía de la batería se utiliza la capacidad de la batería, el voltaje promedio y la capacidad promedio de la batería:

$$\mathbf{Autonomia} = \frac{C_{bateria} * V_{promedio}}{C_{promedio}} \quad (1)$$

Donde:

$C_{bateria}$ = capacidad de la batería

$C_{promedio}$ = capacidad promedio

$v_{promedio}$ = velocidad promedio

Esta ecuación sirve para encontrar la autonomía del vehículo mediante cálculos, se tiene que comprobar dicha autonomía en diferentes ciclos de conducción, esto debido a que en estos se encontraran con pendientes y los distintos tipos de carreteras, la vida útil de las baterías es aún un problema, ya que no pueden otorgarle un sistema de recarga, ni de protección a las baterías, es por ello por lo que se vuelve primordial el uso adecuado de las baterías en cuanto a un modelo de conducción adecuado para otorgar una autonomía aceptable.

1.6.16 Análisis de la suspensión y la estructura de un vehículo UTV mediante FEM

Un vehículo que disponga de una suspensión flexible cuenta con dos masas, una masa suspendida y una masa no suspendida. Se denomina masa suspendida al conjunto de órganos que logran formar la caja del vehículo en las que constan el chasis, la carrocería, los pasajeros y finalmente la carga, se denomina masa suspendida ya que no está en contacto con la superficie del terreno. La masa no suspendida del vehículo está en contacto directo con la superficie del terreno y esta masa debe seguir el perfil del terreno por donde se movilice el vehículo, en esta masa encontramos

elementos como: las ruedas, los ejes, los semiejes, dispositivos de frenado, etc. Se denomina suspensión al conjunto de elementos flexibles y viscosos que conectan la masa suspendida con la masa no suspendida (Montes De Oca et al., 2017).

El objetivo principal del sistema de suspensión de un vehículo utilitario son las siguientes:

- Amortiguar los movimientos bruscos que se producen en la estructura por irregularidades que puedan estar presentes en la carretera.
- Proporcionar una estabilidad al momento de la conducción manteniendo las llantas y camber adecuados respecto a la superficie de la carretera.
- Reaccionar a las fuerzas producidas por los neumáticos.
- Resistencia a las posibilidades de volcadura (Montes De Oca et al., 2017).

Todos los elementos que componen el sistema de suspensión deben ser lo suficientemente rígidos para evitar deformarse cuando estén sometidos a cargas por el estado de la carretera y por la carga suspendida de vehículo. Las suspensiones independientes permiten a cada rueda asimilar las ondulaciones producidas por una carretera de perfil muy inestable, pero sin transferir estas ondulaciones a la otra rueda, estas suspensiones tienen la finalidad de reducir el balanceo de la carrocería, la producción de este tipo de suspensión tiene un precio un poco elevado debido a sus numerosos elementos, el desgaste en los neumáticos se incrementa y los cojinetes pueden deformarse continuamente (Montes De Oca et al., 2017).

A continuación, en la figura 5-1 se presenta la suspensión independiente la cual está constituida por dos brazos transversales los cuales están unidos al chasis del vehículo.

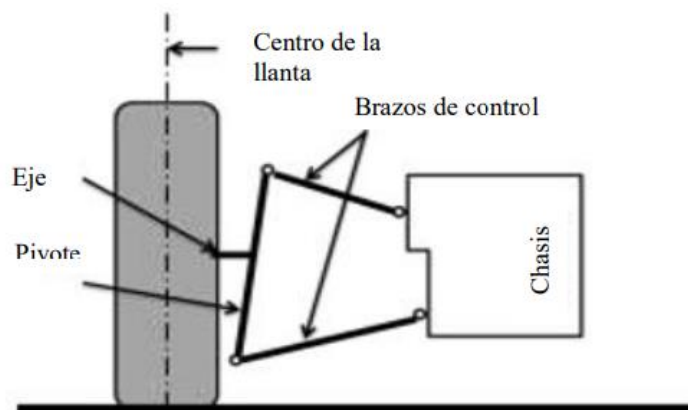


Figura 5-1: Suspensión de brazos

Fuente: (Montes De Oca et al., 2017).

En la figura 6-1, se puede observar el vehículo de estudio el cual tiene las suspensiones independientes de brazos A, cabe recalcar que al contar con este tipo de suspensión el vehículo se vuelve más estable (Montes De Oca et al., 2017).



Figura 6-1: Vehículo de estudio.

Fuente: (Montes De Oca et al., 2017).

1.6.16.1 Metodología del estudio del sistema de suspensión

Suspensión del vehículo

el sistema de suspensión del vehículo tiene como objetivo principal absorber las vibraciones producidas por las irregularidades del terreno sobre la cual se moviliza el vehículo y simultáneamente ayuda a mantener el contacto entre las cuatro ruedas y la superficie de contacto con la finalidad de proveer seguridad de marcha a los ocupantes (Galati y Reina, 2019). En las industrias automotrices, el brazo de horquilla es un componente importante en este sistema de suspensión que es de suspensión independiente. La función principal del brazo es mantener una suspensión suave. Los brazos suelen ser la parte superior e inferior del brazo, las cargas actuarán más en la parte inferior del brazo que en la parte superior del brazo debido a su posición (Khode, 2017). En la punta de los brazos existen las rotulas cuya función es permitir que la suspensión del vehículo se mueva hacia arriba y hacia abajo, mientras que al mismo tiempo también permite que las ruedas giren hacia la izquierda o hacia la derecha, permiten que los brazos puedan oscilar en terrenos muy irregulares (Vijayanand et al., 2019). Los principales requisitos para una suspensión son: aislar el automóvil de las perturbaciones de la carretera, y asegurar la comodidad de los pasajeros; mantener una buena maniobrabilidad; mantener un buen camino; y soporta el peso estático del vehículo (Deac et al., 2019). Las suspensiones independientes como se observa en la figura 7-1, están constituidas por dos horquillas con dos arreglos de resorte-amortiguador, estos son los encargados de recibir las vibraciones por la irregularidad que pueda presentar la carreta, los brazos funcionan independientemente y evitan que las ondulaciones de un lado sean dirigidas hacia el otro lado (Montes De Oca et al., 2017).

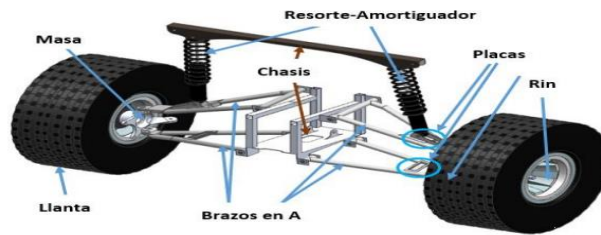


Figura 7-1: Ten delantero con suspensión de brazos independientes

Fuente: (Montes De Oca et al., 2017).

Propiedades y perfiles de los elementos

Las propiedades del acero ASTM A36 se presentan en la siguiente tabla 7-1, estas propiedades fueron tomadas en cuenta para realizar el estudio de la suspensión (Montes De Oca et al., 2017).

Tabla 7-1: Propiedades del (ASTM A36)

<i>Densidad(kg/m²)</i>	7800
<i>Módulo de Young (GPa)</i>	210
<i>Coefficiente de pison</i>	0.3
<i>Esfuerzo de fluencia (MPa)</i>	250

Fuente: (Montes De Oca et al., 2017),(Zine et al., 2018)

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

Como se observa en la figura 8-1, se le asignó a cada elemento un perfil acorde al obtenido de los CAD, donde los espesores de estos varían entre 2 y 2.5 mm y las placas donde se apoyan los arreglos resorte-amortiguador tiene un espesor de 5 mm (Montes De Oca et al., 2017).

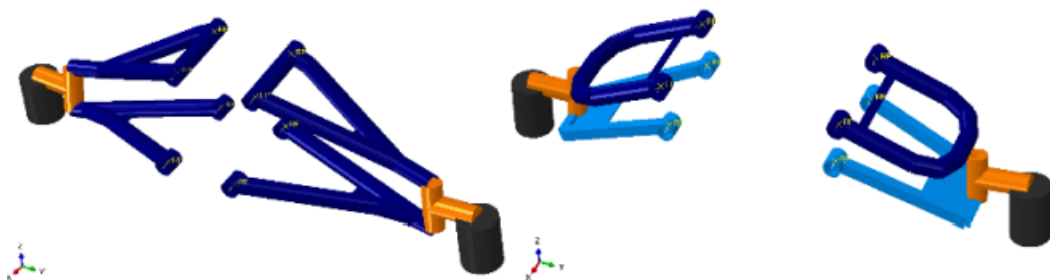


Figura 8-1: Brazos de suspensión con sus respectivos perfiles.

Fuente: (Montes De Oca et al., 2017).

1.6.16.2 Amortiguación Inteligente

Al tener el tren de potencia de un vehículo eléctrico instalado muchas de las veces en las llantas, ya que esto permite que no existan pérdidas de potencia y de eficiencia ya que no se tiene un

sistema de distribución del torque y potencia, por esta razón se tiene los motores eléctricos directo en las llantas y las baterías muy cerca de ellos, lo que los hace vulnerables a golpes en la conducción, baches, o incluso choques, lo convierten en el sistema más vulnerable de los vehículos eléctricos, por esta razón se necesita poner total énfasis en la suspensión, para evitar el continuo desgaste de los motores eléctricos, se necesita una suspensión la cual pueda absorber todas o la mayor parte de las vibraciones de la calzada y así alargar la vida útil de los vehículos, es por esta razón que los amortiguadores se pueden dividir entre pasivos y activos, mientras que los pasivos tienen su principal debilidad en su velocidad de reacción, y los activos tienen su ventaja en que trabajan muchos de ellos con fluidos viscosos o fluidos magnetoreológicos y electroreológicos. Según (Morales, 2020), “estos fluidos están formados por nano partículas ferromagnéticas dispersas en un líquido. Las propiedades viscoelásticas de las partículas son controlables a través de campos magnéticos externos”, es decir cuando se presenta un campo magnético todas sus partículas se orientan y forman cadenas a lo largo de líneas y cambian la reología del fluido.(Morales, 2020).

El trabajo del amortiguador en el ciclo de oscilación se caracteriza por la presencia de dos áreas en las que su acción está dirigida a aumentar la velocidad y la amplitud de desplazamiento de la masa suspendida. Estas áreas se caracterizan por la coincidencia de la dirección de acción de la fuerza desde el amortiguador hasta la masa suspendida con la dirección del movimiento de la masa. Esto es posible cuando la dirección del movimiento de la masa suspendida y la dirección de la base perturbadora son las mismas, pero la velocidad de la base perturbadora es mayor que el valor absoluto de la velocidad de la masa suspendida (Ryabov, Novikov y Pozdeev, 2016).

Tipo de análisis cargas y condiciones de frontera

Para el análisis se eligió del comportamiento de la suspensión se eligió un análisis dinámico/implícito ya que el tiempo no modifica los resultados, para relacionar los elementos se utilizaron restricciones o conectores, los grados de libertad en las regiones seleccionadas fueron restringidas y con los conectores se relaciona dos puntos del ensamble los cuales fueron asociados en un sistema de referencia, los conectores que se utilizaron fueron axial para representar tanto al resorte- amortiguador como a los neumáticos, el conector de soldadura se utilizó para unir todos los elementos de la estructura y algunas partes de la suspensión, el conector bisagra fue utilizado para el movimiento de los brazos de la suspensión de la estructura como se observa en la figura 9-1, se asignó la restricción de empotramiento a los brazos de la suspensión con el chasis con la finalidad de determinar las fuerzas que puedan darse en estos elementos (Montes De Oca et al., 2017).

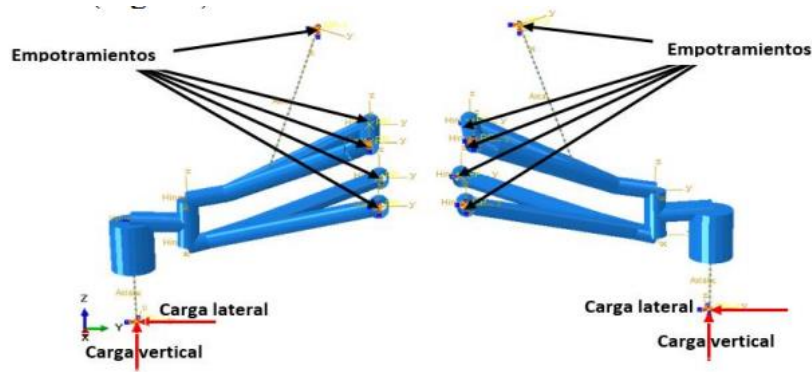


Figura 9-1: Cargas y condiciones de frontera para la suspensión.

Fuente: (Montes De Oca et al., 2017).

Para analizar la fuerza que ejerce la carga suspendida (carrocería) sobre la carga no suspendida (sistema de suspensión), como se observa en la figura 10-1 se utilizaron conectores para unir la estructura del chasis con el sistema de suspensión y se empotraron los elementos en donde se concentraba las mayores cargas, como el asiento de los ocupantes la parte en donde se llevan cargas externas y en la parte en donde van las bateras y el tren de propulsión eléctrico (Montes De Oca et al., 2017).

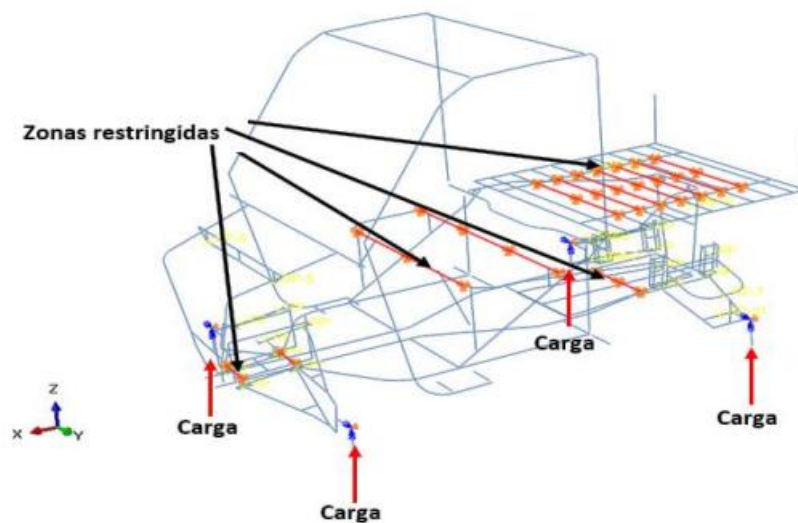


Figura 10-1: Cargas y condiciones de frontera para la estructura

Fuente: (Montes De Oca et al., 2017).

1.6.16.3 Resultados del análisis

El tipo de conector que restringía al brazo de la suspensión fue el que definió la posición de las reacciones, mientras que la dirección y el sentido de las fuerzas son idénticas tanto para la condición estática como para la aceleración y frenado. Los resultados que se obtuvieron arrojaron que en el lado derecho hay una reacción del 11.5% superior a la que existe en el lado izquierdo. La fuerza de reacción más elevada en la condición estática fue de 4234 N y esta se encuentra en

el amortiguador derecho en una condición de terreno plano mientras que en la condición de aceleración el amortiguador derecho obtuvo 3547 N y para la condición de frenado el amortiguado derecho obtuvo un valor de 6074 N (Montes De Oca et al., 2017), como se observa en la figura 11-1 y 12-1, durante la condición de frenado se obtuvo mayor fuerza en el amortiguador derecho por lo que se analizó esta condición y se observó que la mayor fuerza generada es en donde se apoya el amortiguador con el brazo de la suspensión, en este punto se generó una fuerza de 109 Mpa, las condiciones de frenado presentan esfuerzo que son el 62.7% respecto a las condiciones de aceleración y un 36.25% superiores a las condiciones estáticas (Montes De Oca et al., 2017).

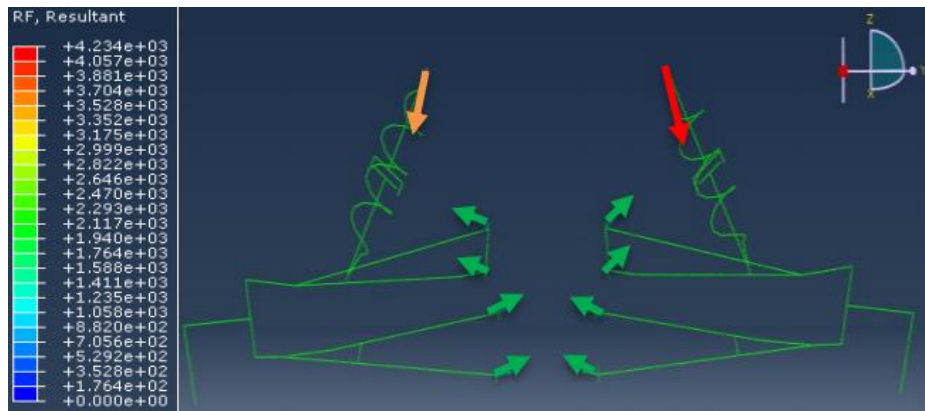


Figura 11-1: Fuerzas de reacción de la suspensión delantera.

Fuente: (Montes De Oca et al., 2017).

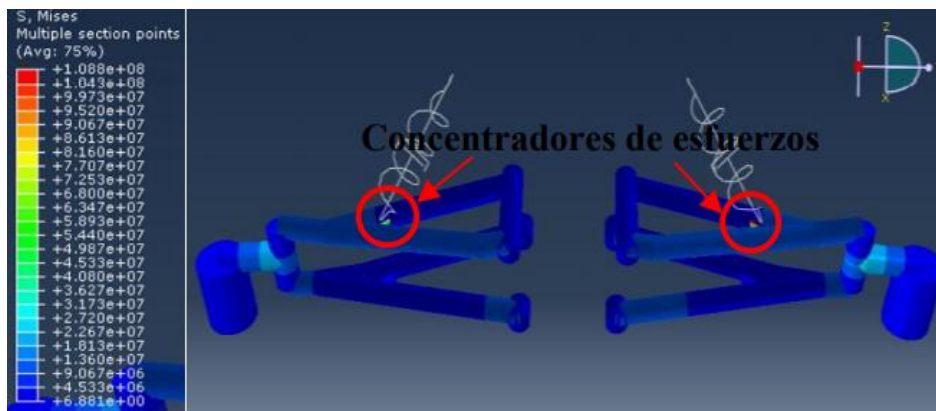


Figura 12-1: Fuerzas de reacción de la suspensión delantera en la condición de frenado.

Fuente: (Montes De Oca et al., 2017).

1.6.17 Sistemas de Frenado hidráulico.

El sistema de frenos del vehículo tiene como objetivo principal detener el movimiento del vehículo cuando el conductor lo crea necesario, el sistema de frenos habitualmente es un sistema de funcionamiento hidráulico que llevan acoplados los mecanismos pertinentes para generar en los neumáticos los efectos para detener o reducir la velocidad del vehículo. El conductor ejerce la

presión sobre el pedal del freno y mediante la hidráulica es transmitida hacia un material antideslizantes con el elemento metálico comúnmente llamado disco o tambor de freno el cual gira solidaria al neumático, gracias al rozamiento de estos dos elementos se puede reducir la velocidad del automóvil (Anónimo, 2011). Los discos de frenos tienen una mayor aceptación en la industria automotriz, estos tienen la capacidad de absorber una mayor cantidad de energía cinética al momento en el que se accionan las pastillas mediante el sistema de frenado, y así ayudar a detener el vehículo en un menor tiempo, el sistema de frenado que posea disco de freno es más eficiente que el sistema que tenga tambor debido a que el sistema de disco de freno está al aire libre y es capaz de disipar el calor en un menor tiempo (Ricardo A. García-León, Eder Flóres-Solano, 2020). Este calor producido entre las pastillas de freno y el disco de freno se disipa rápidamente con el aire circundante por medio del fenómeno de convección. Las altas temperaturas producidas por este rozamiento pueden causar que el líquido de freno pierda sus propiedades o incluso puede causar que el líquido de freno se evapore, puede causar daños en los rodamientos de la manivela y el disco de freno al momento de estar en una temperatura alta y este al entrar en contacto con el agua fría puede causar deformación y esto causa vibraciones al momento de frenar (Rojas et al., 2020). El ruido de los frenos sigue siendo una preocupación importante para la industria automotriz, la mayor causante de los ruidos y deslizamiento suelen ser los materiales con los que están constituidas las pastillas de freno, pero también hay factores externos que suelen causar estos problemas como la temperatura, el clima y muchos otros factores (Ashraf, Bryant y Fieldhouse, 2017).

El freno del vehículo se accionará hidráulicamente por ende se deben realizar cálculos para identificar si el vehículo logrará frenar. La distancia de frenado es el espacio que recorre el vehículo eléctrico desde que accionamos el freno hasta su detención total. Es muy importante ver el comportamiento del vehículo en pruebas de frenado a distintas velocidades para tener precaución al momento de conducir. (Ricardo A. García-León & Eder Flóres-Solano, 2017). El sistema de frenado es uno de los sistemas más indispensables del vehículo tanto para la seguridad del conductor como de los peatones, a lo largo de los años y gracias al avance tecnológico este sistema ha evolucionado con la finalidad de mejorar su rendimiento. Como ejemplo se tiene el método de frenado hidráulico el cual ha sido uno de los más efectivos y eficientes, a pesar de su evolución el principio de funcionamiento se ha mantenido, el principio de Pascal en donde menciona que la presión ejercida en un sistema cerrado es la misma en todas las posiciones y direcciones. Los cálculos realizados se dieron en función del sistema de frenado de la figura 13-1, debido a que este tipo de sistema ha logrado brindar excelentes resultados de funcionamiento (Sánchez et al., 2019).

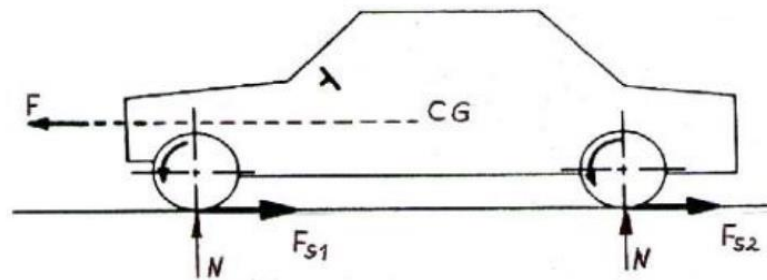


Figura 13-1: Fuerzas de fricción que retienen el movimiento del automóvil.

Fuente: (Sánchez et al., 2019).

Se estima que la velocidad máxima a la que llega el prototipo es de 75 Km/h y su masa es de 980Kg.

1.6.17.1 Fuerza de frenado entre el neumático y la carretera.

Cuando las superficies de contacto sean completamente lisas, las fuerzas que interactúan entre los dos cuerpos actúan en una dirección normal a la superficie en el punto de contacto, se debe considerar que ninguna superficie es completamente lisa, la mayoría de las superficies son rugosas y dependen de la naturaleza del problema a considerar y de la capacidad de un que tiene un cuerpo para soportar fuerzas normales y fuerzas tangenciales en las superficies que entren en contacto, se considera que la fuerza tangencia es debido a la fricción entre las superficies de contacto. En la figura la fuerza F_s actúa ejerciendo resistencia la cual actúa sobre los neumáticos que impide o retarda el deslizamiento con la superficie que está en contacto entre el neumático y el piso (Sánchez et al., 2019).

En el neumático, la resistencia es provocada por las pequeñas interferencias de pequeñas deformaciones que son el resultado de rodar una superficie con otra. Las fuerzas de fricción producidas por la adherencia del neumático al suelo permiten que los neumáticos o el coche se mueva por la carretera, esto se da ya que la fuerza F aplicada al centro de gravedad del vehículo que circula por el suelo debe ser mayor que la fuera de fricción entre la calzada y el neumático, es decir $F > F_s$, pero si $F_s > F$ el vehículo no se moverá debido a que la fuerza de fricción es mucho mayor (Sánchez et al., 2019).

En el frenado el vehículo es retenido por las fuerzas de fricción F_{s1} y F_{s2} entres la carretera y el neumático ya que la fuerza F es menor que la fuerza de fricción entre la rueda y el piso, la fuerza de fricción es directamente proporcional a la fuerza a la fuerza que se somete la rueda sobre el suelo, la ecuación 2 permite calcular la fuerza de frenado entre la rueda y el suelo gracias a la normal y al coeficiente de fricción.

$$F_s = N * \mu S \quad (2)$$

μS es la fricción que existe entre las superficies de contacto es decir la fricción entre el neumático y el suelo y se mide por el coeficiente estático μS el cual es el coeficiente entre la fuerza de fricción y la normal de la fuerza a la que se encuentra sometido la rueda sobre el suelo.

En la tabla 8-1 se muestra los coeficientes de adherencia (μS)

Tabla 8-1: coeficiente de adherencia en distintos tipos de terreno.

<i>Tipo de terreno</i>	Condición	Neumático nuevo	Uso del neumático
<i>Hormigón</i>	Seco	1	1
	Mojado	0.7	0.5
<i>Asfalto grueso</i>	Seco	1	1
	Mojado	0.7	0.5
<i>Asfalto normal</i>	Seco	0.6	0.6
	Mojado	0.5	0.3
	lodo	0.2	0.1
	Hielo	0.05	<0.05
<i>Asfalto compacto</i>	Seco	0.6	0.6
	Mojado	0.65	0.3

Fuente: (Sánchez et al., 2019).

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

Fuerza de frenado en los principales sistemas de freno.

El sistema de frenos principal es activado por un pedal ubicado dentro del vehículo, por el conductor. El esfuerzo que se ejerce sobre el pedal se transmite a los elementos de frenado Zapata, tabor o disco a través de un circuito hidráulico, en el que se dispone de un cilindro maestro o bomba de freno donde se genera la presión en el líquido, que se transmite por las tuberías a la rueda. cilindros que impulsan las zapatas o las almohadillas (Sánchez et al., 2019).

Fuerza de frenado en el control del circuito principal de freno hidráulico.

La presión que se aplicará a las pastillas o pastillas de freno se logra, en primer lugar, mediante el esfuerzo mecánico de la palanca del pedal y bajo la presión del pie del conductor. El pedal de freno consta de la palanca que aplica la presión del pie, gira sobre su eje transmitiendo el esfuerzo a la bomba, en la dirección de F1, el resorte 2 permite que el pedal vuelva a su posición inicial cuando el conductor se detiene 'Presione el pedal del freno (Sánchez et al., 2019).

El sistema de frenado lograr detener el vehículo gracias al accionamiento de los cilindros mediante la presión ejercida por la bomba o central del sistema de frenos, el sistema convencional de accionamiento hidráulico se caracteriza por que la presión enviada por la bomba es la misma, entonces si hay una fuga de líquido debido al desgaste de los retenes la presión del sistema se reducirá, esto producirá que el sistema de frenos no sea muy eficiente lo que podría en peligro la integridad física de los ocupantes del vehículo. Uno de los síntomas que se presenta el sistema al momento de una pérdida de presión es la disminución de la eficiencia del frenado, el vehículo empieza a frenar con el pedal a tope. Al revisar la cantidad de líquido de freno este presenta una reducción en su depósito (Yang, Li y Zhang, 2018).

En la figura 14-1 se puede apreciar todas las fuerzas que intervienen sobre el pedal del freno, la fuerza F_1 ejercida sobre el vástago del pistón de la bomba de freno se la puede calcular a partir del esfuerzo de la Fuerza F realizada por el conductor al momento de frenar. Las fuerzas fueron tomadas en base a las pruebas del dinamómetro el cual otorgó una fuerza de 107.91 N y los datos en base a las distancias se tomaron del mismo vehículo (Sánchez et al., 2019). La ecuación 3 se emplea para el cálculo de la fuerza que se ejerce en el sistema hidráulico, mediante la fuerza del pie y la relación de palancas de pedal del freno.

$$F_1 = \frac{F * a}{b} = [N] \quad (3)$$

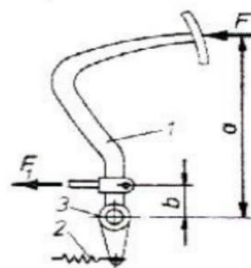


Figura 14-1: Fuerzas sobre el pedal de freno.

Fuente: (Sánchez et al., 2019).

En la figura 15-1 se detalla la posición del diámetro 2 el cuál es el diámetro del cilindro maestro y el diámetro 1 que pertenece al diámetro del embolo de la bomba de freno, Al tener la F_1 es importante obtener la presión P_B en la bomba del circuito hidráulico (Sánchez et al., 2019). La ecuación 4 tiene la finalidad de encontrar la presión ejercida por el líquido de freno en el sistema hidráulico.

$$P_B = \frac{F_1}{A} = \left[\frac{N}{m^2} \right] \quad (4)$$

$$P_B = \frac{F_1}{\frac{\pi * (\varnothing_1^2)}{4}} = \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

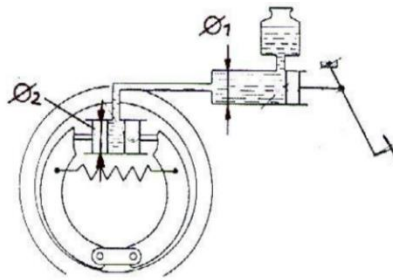


Figura 15-1: Diámetro de la bomba y el cilindro.

Fuente: (Sánchez et al., 2019).

La figura 16-1 muestra la fuerza F_2 y la presión P_b la cual es la presión del cilindro de accionamiento de la zapatas y F_2 es la fuerza con la que se acciona los cilindros, La fuerza F_1 comunicada al vástago del cilindro es amplificada por el sistema hidráulico que se basa en que los líquidos no se comprimen y que según la ley de pascal "La presión ejercida sobre cualquier punto de una masa líquida se transmite en todas direcciones y direcciones "La presión P_B obtenida en la bomba de freno principal es igual a la presión en los pistones de accionamiento de las pastillas o zapatas. Entonces, la fuerza F_2 depende mucho de la reacción en las selecciones de los pistones en los cilindros de la bomba y el bombín, la fuerza F_2 se encuentra en cada una de las llantas se debe tomar en cuenta si el vehículo tiene pastillas o zapatas en caso de tener pastillas en diámetro del cilindro es mucho mayor al cilindro de las zapatas, pero el principio es el mismo (Sánchez et al., 2019). La ecuación 5 se emplea para encontrar la fuerza que ejercerá el líquido sobre el pistón de las pastillas de freno esto mediante la presión del sistema y el área del cilindro.

$$F_2 = P_b * A = [N] \tag{5}$$

$$F_2 = P_b * \frac{\pi * (\varnothing_2^2)}{4} = [N]$$

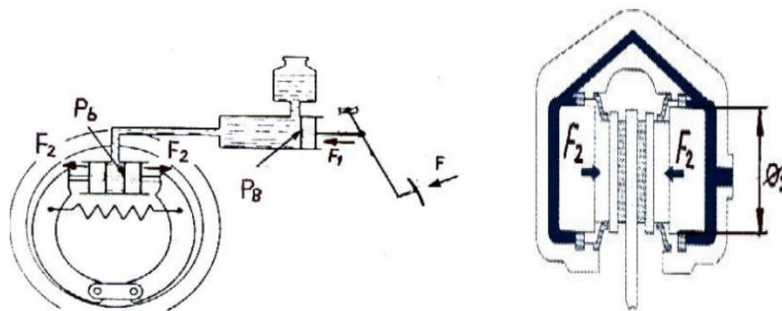


Figura 16-1: Sistema de frenos de zapatas (Izquierdo) y de disco (derecho).

Fuente: (Sánchez et al., 2019).

1.6.17.2 *Tiempo de frenado.*

El tiempo de frenado del vehículo depende de la velocidad del vehículo y al tipo de agarre que rinde el asfalto es decir depende del coeficiente de adherencia (μ), el tiempo que se tarda en detener el auto desde que el conductor observa un obstáculo para aplicar los frenos hasta que el vehículo se detiene por completo (Sánchez et al., 2019). La ecuación 6 se emplea con la finalidad de encontrar el tiempo de frenado del vehículo, en esta ecuación intervienen valores tales como la velocidad, la gravedad y el coeficiente de frenado.

$$T_p = \frac{V}{\mu * g} + 1 \quad (6)$$

El tiempo de frenado depende de las diferentes condiciones de funcionamiento a la que el vehículo trabaje, el tiempo de frenado es directamente proporcional a la distancia que tendrá que recorrer el vehículo hasta detenerse o en su defecto hasta reducir la velocidad a conveniencia del conductor, el tipo de carretera juega un papel muy importante para aumentar o reducir el tiempo de frenado ya que si el tipo de superficie es pavimento el coeficiente de adherencia será alto por ende el tiempo de frenado será bajo, pero si la superficie de contacto es arna, tierra este coeficiente se reduce, también depende si hay presencia de lluvia, nieve, lodo todos estos factores antes mencionado reducen el coeficiente de adherencia por ende aumentan el tiempo de frenado (Binshuang et al., 2019).

Para calcular la fuerza total de accionamiento se debe sumas la fuerza total, es decir las fuerzas de los 2 neumáticos de las llantas delanteras y posteriores: (Sánchez et al., 2019). La ecuación 7 tiene com objetivo encontrar la fuerza total de frenado, en esta se ocupa tanto la fuerza ejercida por los frenos en el tren delantero y también la fuerza del tren posterior.

$$F_t = (F_t \text{ delanteras} + F_t \text{ traseras}) \quad (7)$$

De acuerdo a la velocidad máxima que pueda alcanzar el prototipo, dependiendo del coeficiente de adherencia y el tiempo de frenado, se puede evaluar si el sistema de frenado es el indicado para el vehículo esta evaluación se la puede dar al realizar los cálculos de las fuerzas de arrastre, de la presión en el sistema y del tiempo de frenado, pero cabe recalcar que la mayoría de veces el sistema de accionamiento hidráulico es el más adecuado para vehículos tipos sedan ya que al no tener mucho peso el sistema no requerirá un exagerada fuerza en el pedal por parte del conductor para lograr detener el vehículo (Sánchez et al., 2019).

CAPITULO II.- MARCO METODOLÓGICO

2 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

2.1 Metodología de la autonomía

2.1.1 Método inductivo-deductivo

El método inductivo y deductivo permiten la realización holística de la investigación, sobre un vehículo utilitario eléctrico, puesto que se origina de un conocimiento basado en leyes que ya son conocidas y son necesarias para desarrollar el análisis de autonomía o de estado de las baterías, de la misma manera al hablar del método inductivo como manera de abordar al estudio basado en conocimientos evidenciados in situ, es decir gracias a la práctica a la prueba y error, y de esa manera generar leyes o procedimientos que se cumplan. Es por lo que se puede deducir que en pruebas con distintas características o especificaciones como en pendientes o bajadas, o distintos tipos de terrenos, por ejemplo, en una ruta de conducción que posea un ángulo de pendiente muy elevado el consumo de corriente por parte del motor será elevado, reduciendo considerablemente la autonomía que pueda brindar la autonomía, la autonomía está estrechamente relacionada con la ruta de conducción además la capacidad de la batería dependerá de la ruta de conducción, también dependerá del cuidado que se tenga, las descargas profundas causan un daño muy grande a estas, el estado de carga (SOC) juega un papel muy importante en la capacidad y en la vida útil de la misma (Zine et al., 2018). Es por ello por lo que en busca de salvaguardar siempre los presupuestos y evitar inversiones o gastos innecesarios, seguimos y se puede guiar de la metodología FEL, la cual es muy útil en proyectos de ingeniería, y de esta forma permite planificar de mejor manera los métodos a realizar (Sarmiento et al., 2019).

2.2 Metodología de los frenos

2.2.1 Método deductivo

Partiendo de leyes ya conocidas y planteadas al momento de ponerlas a prueba en el vehículo utilitario eléctrico se debe tener en constante análisis las fuerzas que actúan en los frenos, las mismas que pueden dividirse en fuerza de frenado, tiempo de frenado, presión del sistema, es por ello que el método deductivo se basa en leyes que ya han sido desarrolladas para distintos tipos de vehículos, los cuales por cuestión de diseño serán similares a los del vehículo utilitario eléctrico y es así como se puede determinar en base a la velocidad que obtenga el VE el tiempo de frenado, si será mayor o menor, es así como se puede determinar conclusiones incluso de seguridad del VE (Sánchez et al., 2019).

2.3 Metodología de la suspensión

2.3.1 Método inductivo-deductivo

El vehículo tiene como objetivo transportar personas u objetos de un lado a otro, la movilización se dará por una ruta y en la cual el vehículo tendrá movimiento de diferentes trayectorias, amplitudes y frecuencias. La medición cuantitativa y el análisis de este movimiento son importantes para comprender las interrelaciones de los elementos de la máquina y mejorar su rendimiento. Los acelerómetros, que se utilizan ampliamente tanto en la industria como en la ciencia para medir el movimiento de traslación, rotación y oscilación (Koene, Klar y Viitala, 2020).

En vehículo al contar con cuatro superficies de contacto con la carretera va a presentar vibraciones y si el sistema de suspensión no está equilibrado no cumplirá con el objetivo de amortiguar dichas vibraciones, el acelerómetro cumplirá la función de obtener los datos de vibraciones del vehículo durante la ruta de conducción, una ventaja clave de los acelerómetros es su versatilidad. Son parte integral de los sistemas de navegación, detección de orientación, monitoreo de condición, así como estabilización los acelerómetros se basan en el principio piezoeléctricos (PA) convencionales proporcionan una alta precisión y frecuencia de medición. Cuando se inicia un procedimiento de medición a través de la GUI, el sensor y las tareas de almacenamiento se inician al mismo tiempo. La tarea del sensor se ejecuta en el núcleo 0 y la tarea de almacenamiento se ejecuta en el núcleo 1. Estas dos tareas se ejecutan en paralelo para garantizar que todas las muestras del sensor se adquieran y almacenen en la tarjeta SD para su posterior análisis (Koene, Klar y Viitala, 2020).

2.4 Métodos Científicos

2.4.1 Método empírico

2.4.1.1 Medición

En método científico se utilizará el método empírico específicamente la medición, el monitoreo tanto del amperaje como del voltaje será mediante la construcción de un sistema integrado basado en un microcontrolador ARDUINO. El método de obtención del sistema se lleva a cabo mediante la confección de placas para módulos sensores y relés, confección de tableros para el módulo de conducción del sistema, integración de cableado de una serie de placas, módulos y programación contra el sistema microcontrolador asistido por Arduino IDE (Suhendri y Goeritno, 2018).

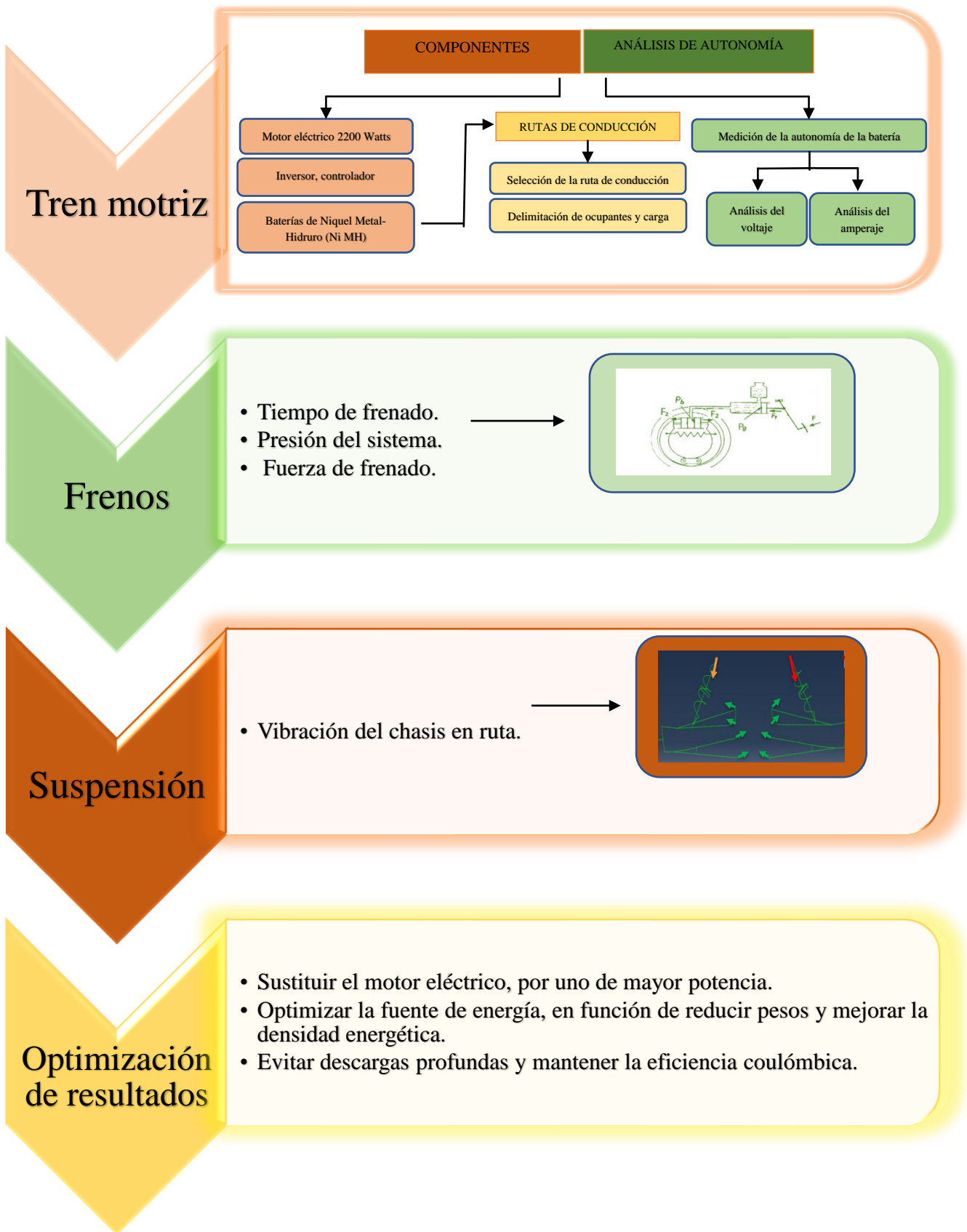
El método de medición del rendimiento del sistema se lleva a cabo mediante pruebas de verificación y validación. El módulo de sensores y relés consta de un sensor de voltaje, cuatro sensores de corriente, cuatro relés, y un circuito electrónico de apoyo. El módulo de integración de varios pines funciona como una integración de todos los pines asociados con los pines en el

sistema del microcontrolador con respecto a la entrada y salida. La programación del sistema de microcontroladores se basa en la determinación de algoritmos y la preparación de la sintaxis. La prueba de verificación asistida por la aplicación Proteus se realiza en forma de simulación de la provisión de condiciones artificiales en forma de valor de voltaje, corriente y tiempo para la adquisición de valores energéticos. Las simulaciones se llevan a cabo en cada ruta del grupo de carga. Una prueba de verificación es la determinación de la linealidad de los valores de corriente y voltaje, para la medición del amperaje se utilizará un transformador de corriente y el cual está conectado en serie con el microcontrolador Arduino y para el voltaje se utilizará puente rectificador para evitar sobrecarga el microcontrolador estos datos se adquieran y almacenen en la tarjeta una SD. Basado en la prueba de validación (Suhendri y Goeritno, 2018).

2.5 Metodología Cuantitativa

Mediante el continuo desarrollo del método de investigación y la forma en la que se va a desarrollar está seguir una serie de configuraciones así como la modificación e instalación de distintos equipos electrónicos o componentes electrónicos, los cuales permitirán la obtención de datos cuantitativos, los cuales permitirán concluir de manera precisa los fenómenos que se presenten en la ruta de conducción del VE, es decir se podrá cuantificar y resumir a manera de gráficas que expliquen el comportamiento tanto de amortiguadores, como de frenos, y aún más importante el comportamiento de las baterías de Niquel Metal – Hidruro, en las cuales se centra nuestra investigación, poder obtener datos de voltaje, amperaje, carga y descarga de las baterías, para poder dar una mejor vida útil a las mismas, y evitar que se averíen o pierdan su capacidad coulombica, es así como en la investigación que se lleva a cabo se debe tener un constante análisis cuantitativo así se podrá detectar las relaciones y encontrar las convergencias presentes en el tren motriz de un VE, con el continuo análisis cuantitativo se puede determinar problemáticas puntuales por ejemplo en la autonomía del VE, y de esta manera plantearnos una posible manera de solucionar esos inconvenientes, y plantear futuros análisis, incluso futuros estudios que permitan mejorar el desempeño y la autonomía de un vehículo eléctrico, es así como se desarrollan temas de convergencia las cuales pueden ser prometedoras es decir pueden tener una tendencia creciente y que permita desarrollar un mejor método de investigación el cual abarque un campo más amplio de aplicación, así mismo las relaciones de convergencia que se desarrollan por el método cuantitativo, se refiere a relaciones o tendencias que no existen al momento en el VE, se busca desarrollar nuevas relaciones, que permitan un avance a las continuos y apoyen a los avances científicos de un país o de una institución (Feng et al., 2020)

2.6 Diagrama de flujo de la metodología propuesta



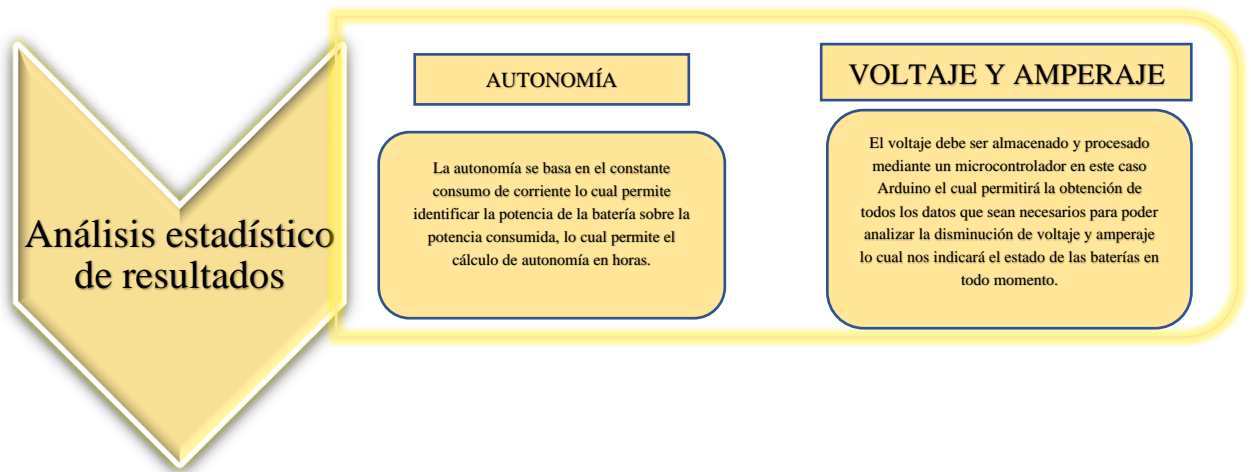


Gráfico 1-2: Diagrama de flujo de marco metodológico

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

En el diagrama de flujo presentado anteriormente se observa que la investigación parte del tren motriz ya que la autonomía depende del correcto funcionamiento de este, a continuación, presentamos el análisis de los frenos como el análisis del tiempo de frenado, la eficiencia de freno, después continuamos con el análisis de la vibración del chasis, en la optimización de resultados se presentan posibles mejoras que se pueden hacer a la investigación y finalmente se presenta el análisis estadístico de la investigación.

2.7 Tren motriz

2.7.1 Motor eléctrico 2200 Watts.

El motor eléctrico tipo brushless o sin escobillas que se observa en la figura 1-2 es un motor ideado para la adquisición de un nuevo tipo de generador de energía, y ayuda en gran medida al avance de la investigación puesto, que trabaja en conjunto con baterías de Níquel Metal-Hidruro, se posicionan como una combinación adecuada, puesto que los motores brushless por ser no poseer escobillas, tiene una mayor eficiencia, y tiene un menor consumo energético, en la presente investigación esto es muy importante ya que se busca economizar y mantener el buen estado de las baterías de Níquel, ya que son costosas y de difícil adquisición aun en este medio, es por ello que el motor en el VE es óptimo para poder realizar las pruebas de autonomía, con su necesidad de una fuente de energía de 60V a 72 V y su entrega de 2200 Watts de potencia, se convierte en un referente de lo que se ganaría con la introducción de VE en el Ecuador. A demás aporta una máxima eficiencia, puesto que mantiene su par en toda la trayectoria y a cualquier velocidad que el VE se desenvuelva, y al mismo tiempo por ser un motor más compacto que los convencionales

proporciona mayor tiempo de autonomía, es por ello que se puede reducir hasta un 20% el peso del VE, y en cuanto a la suavidad de la conducción, al ser más silenciosos permiten y ofrecen mayor confort al chofer y sus ocupantes, además es capaz de impulsar un peso de aproximadamente 600 Kg de la carrocería y chasis, sumado un peso de 70 Kg por ocupante, cabe recalcar que el VE está diseñado para dos ocupantes y un espacio de carga liviana.



Figura 1-2: Motor eléctrico tipo Brushless 2200 Watts

Fuente: (YALU, 2021)

En la tabla 1-2 muestra las especificaciones del motor el cual es un motor Brushless de origen chino, este incorpora una caja reductora que ayuda al movimiento suave al momento de romper la inercia.

Tabla 1-2: Especificaciones del motor DC

Marca	Yalu
Tipo	Brushless
Potencia (W)	2200
Tensión (V)	72
Corriente nominal (A)	12
Torque (Nm)	7.20
Velocidad nominal (rpm)	2850
Eficiencia	>84 %

Fuente: (Yalu, 2021).

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

2.7.1.1 Consumo de exigido del motor a la batería

Al conectar la pinza amperimétrica en el cable de suministro de voltaje hacia el controlador, se obtuvo que al momento de romper la inercia del motor necesita mayor consumo de corriente aproximadamente de 19A, posteriormente al romper la inercia y encontrarse aproximadamente a 30km/h se reduce notablemente el consumo de corriente entre 6 a 12A, esto al relacionarlo con el peso del VE, encontramos que son valores que se van a relacionar constantemente, ya que los valores obtenidos son con un peso de aproximadamente 450 Kg del VE, sumado a un peso estimado de 70 Kg por ocupante.

2.7.2 Inversor, controlador

El inversor es el componente más importante en un tren motriz de un vehículo eléctrico 100% o híbrido, es el encargado de convertir la corriente continua en alterna para poder suministrar la corriente necesaria al motor eléctrico, en su interior incorpora elementos electrónicos, los mismos que son comandados por la unidad ECU HV, también se encarga del control del motor generador 1 y motor generador 2 (MG1, MG2), los motores toman la alta tensión de las baterías aproximadamente 220V, además mediante sistemas electrónicos como son los transistores IGBT permite la carga de las baterías de alta tensión, para lograr esto entra en función el inversor, y el sistema de control híbrido ECU HV (Fernández, 2009). En el caso del controlador del motor eléctrico brushless 2200 Watts se basa en el mismo principio, necesita controlar la corriente continua y suministrar al motor trifásico, de manera que permita el movimiento y pueda variar la velocidad mediante una serie de controladores como acelerador de tipo hall, el motor al trabajar con 72 voltios, requiere de un paquete de baterías que suministren esa cantidad la cual es necesaria para poder alimentar el motor, y además reunir un amperaje que otorgará la autonomía necesaria para poder desempeñar una función y una ruta de conducción (Fernández, 2009).

En el controlador se va a obtener una señal cuadrada, la cual al ser procesada por un microcontrolador nano el cual va a convertir los datos en numéricos, posteriormente este se va a encargar de transmitir al controlador Arduino.

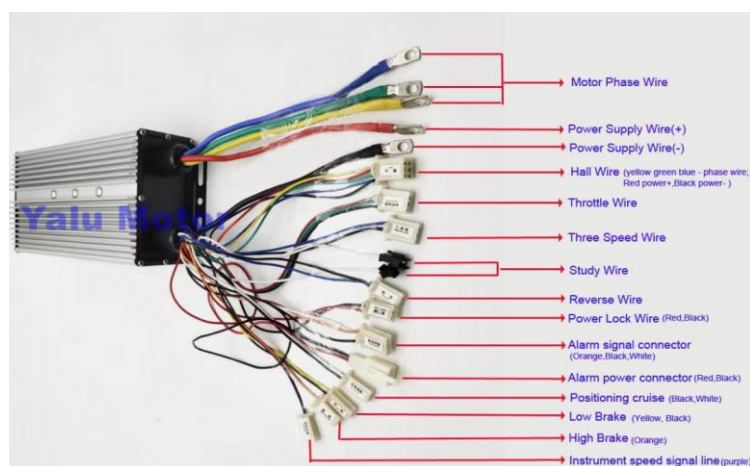


Figura 2-2: Esquema de conexiones y conectores

Fuente: (YALU, 2021)

La tabla 2-2 muestra las especificaciones del controlador, este tiene la función de recibir el voltaje de las baterías y dirigirlas al motor para su correcto funcionamiento, envía señales hacia el tablero en el cual se lora visualizar el voltaje nominal de las baterías, la distancia de recorrido, la velocidad del VE.

Tabla 2-2: Especificaciones del controlador

<i>Voltaje</i>	36v - 48v
<i>peso</i>	255g
<i>potencia</i>	500W
<i>Corriente nominal</i>	12A - 25A

Fuente: (Yalu, 2021).

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

2.7.3 Baterías de Níquel Metal - Hidruro

2.7.3.1 Autonomía de la batería

En la investigación se necesita lograr un recorrido mínimo para poder dar como válido al VE, con las especificaciones que se obtienen por el estudio se puede determinar que con baterías de Níquel Metal – Hidruro se puede tener mayor autonomía que con las baterías de Plomo Ácido, es por ello que adoptamos una ruta de conducción la cual permitirá analizar de manera concisa el valor del voltaje y el amperaje así como la autonomía del VE, se debe tener una gran consideración el peso de los ocupantes, ya que el peso del paquete de las baterías, representa un valor considerable y sumado al peso de los ocupantes, pierde un gran porcentaje de autonomía es por ello que se necesita realizar un análisis exhaustivo sobre el peso real al momento de tener la ruta de conducción, las baterías de Níquel Metal – Hidruro. La tabla 3-2 indica las especificaciones de las baterías de níquel metal-Hidruro, estas especificaciones son específicamente del paquete de batería armado para la utilización correcta del motor y del controlador mencionadas anteriormente.

Tabla 3-2: Especificaciones de la batería Níquel Metal-Hidruro.

<i>Voltaje nominal</i>	72 V
<i>Capacidad nominal</i>	13 Ah
<i>Potencia nominal</i>	468 w
<i>Corriente de salida</i>	15A a 20 A
<i>Peso</i>	53.57 kg
<i>Corte de voltaje</i>	65 V
<i>Tensión total de carga</i>	78 V
<i>Resistencia interna</i>	0.01 Ω
<i>Corriente de descarga nominal</i>	10 A
<i>Capacidad (Ah) a la tensión nominal</i>	10.4 Ah
<i>Precio</i>	\$2200

Fuente: (Yalu, 2021).

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

2.7.4 Cálculo de la autonomía

El cálculo de la autonomía se da con la intención de saber la corriente consumida por el motor, la ecuación 1, la ecuación 2 y la ecuación 3 ayudara a calcular la autonomía del vehículo utilitario eléctrico. La ecuación 1 indica la potencia de que dispone la batería, esta se puede calcular con el voltaje nominal de la batería y la intensidad de la batería.

$$Wb = Vb * Ib \quad (1)$$

Donde,

Wb = Potencia de la batería.

Vb = Voltaje de la batería.

Ib = Intensidad de la batería.

La ecuación 2 ayuda a obtener la potencia consumida es necesario conocer el voltaje de la batería como también la intensidad en la que se necesita conocer la potencia consumida por el controlador desde la batería.

$$Wc = Vb * Ic \quad (2)$$

Donde,

Wc = Potencia consumida.

Vb = Voltaje de la batería.

Ic = Intensidad consumida.

Mediante la ecuación 3 se logra obtener la autonomía de la batería en horas, para obtener dicho valor es necesario conoce la potencia de la batería como también la potencia de la consumida en un punto de intensidad especifica

$$H = \frac{Wb}{Wc} \quad (3)$$

Donde,

Wb = Potencia de la batería.

Wc = Potencia consumida.

Cabe recalcar que para poder realizar el cálculo de autonomía se debe tener un consumo de potencia exacto y medido el cual permita realizar el cálculo adecuado, además se debe tener en

cuenta que estos cálculos son realizados en condiciones óptimas, pero al momento de conducir todo dependerá de la ruta de conducción

2.7.5 Rutas de conducción

La ruta de conducción para las pruebas de la autonomía se busca que se asemeje a la prueba de homologación WLTC, con los respectivos cambios necesarios para el proyecto de investigación, se busca un entorno el cual permita demostrar la autonomía que se espera del VE, es por ello que se ha seleccionado a la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, y una ruta de la escuela de automotriz, hasta la puerta principal, se planea realizar tres pruebas en la misma ruta de conducción, se propuso esta ruta ya que al ser un prototipo de vehículo utilitario eléctrico se tendrá que darle un uso beneficioso para la sociedad o cualquier institución. Posterior a la obtención de resultados se procede a procesar en un software estadístico con la finalidad de generar graficas del consumo del amperaje y el valor de la tensión de la batería de alto voltaje. Se analiza el consumo de corriente en la ruta propuesta para validar el consumo que puedan ofrecer las baterías de níquel metal-Hidruro (baterías reutilizadas). En la figura 3-2 se muestra la ruta de condición en un estudio realizado previamente, la recomendación del estudio fue la realización de rutas de cerradas.

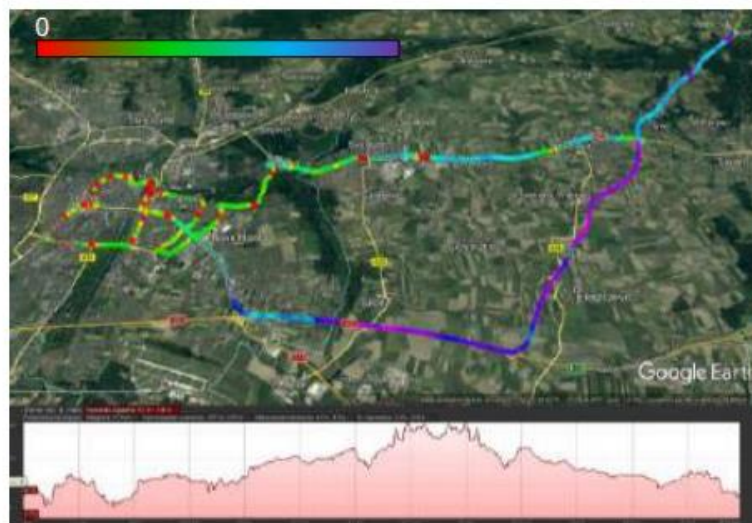


Figura 3-2: Delimitación de ruta de conducción

Fuente: (Pielecha et al., 2020)

2.7.5.1 Selección de la ruta de conducción

La ruta de conducción para la aplicación para el VE busca confirmar la superioridad en eficiencia ante los motores de combustión interna, mediante la optimización de autonomía y la constante evolución de los motores eléctricos, y hasta llegar a los motores sin escobillas que proporcionan una mejor respuesta a las exigencias, se busca una ruta en un circuito cerrado el cual permita la

movilización de personal, y delimita las funciones que va a desarrollar el vehículo, la ruta de conducción debe disponer de una ubicación adecuada, se debe tener en cuenta que las pendientes así como el excesivo peso o la sobrecarga al espacio de carga del VE generará una disminución en la autonomía de las baterías y un recorrido menor que el dispuesto, para poder realizar el cálculo de la autonomía se debe tener especificado las cargas, la distancia de recorrido, para poder así determinar el consumo de corriente en función del tiempo de utilización, así como en arranque y en conducción libre, ya que de esto dependerá la autonomía real del VE, mas no la calculada matemáticamente. Es por ello que generalmente se evalúa al usar pruebas de rutas de conducción estandarizadas, pero los resultados de las pruebas de ruta de conducción estandarizadas se desvían del ciclo de conducción del mundo real, es por ello que para los VE, se deben realizar varias pruebas teniendo en cuenta las condiciones de funcionamiento como ya mencionamos anteriormente (Zhang et al., 2019). Se debe comprender en qué condiciones se va a evaluar las rutas de conducción ya que esto permitirá realizar el tren de potencia más viable para el VE, es decir planificar el paquete de baterías o en general la fuente de energía para alimentar el motor eléctrico (Brady y O'Mahony, 2016). Es por ello que para determinar el tamaño, la capacidad, y los componentes que se acoplaran al VE, depende de que capacidad de conducción o que autonomía se quiera otorgar al VE (Brady y O'Mahony, 2016).

2.7.5.2 *Delimitación de ocupantes y carga*

Realizar un diseño del tren de potencia requiere tener una serie de consideraciones las cuales se deben analizar a profundidad, como es el tiempo que se quiere obtener o los kilómetros de autonomía, para los cuales se necesita delimitar un peso del chasis del VE, así como el peso de los paquetes de baterías, en un caso de baterías de Niquel Metal – Hidruro, o en un caso de baterías de Plomo Ácido, todo esto juntamente con accesorios, tanto como inversores peso de los ocupantes, ruta de conducción elevaciones, pendientes, son los parámetros que se interponen en otorgar una autonomía deseada, es por ello que existen distintas formas de mejorar este parámetro, una puede ser otorgar más corriente es decir mayor cantidad de celdas de baterías conectadas en paralelo para brindar más amperios hora al motor, es necesario analizar y procesar los datos, porque se puede determinar que en el momento del arranque, es decir al momento de romper la inercia del motor eléctrico, consume una mayor capacidad de corriente.

2.7.5.3 *Delimitación de la ruta de conducción*

En la ciudad de Riobamba provincia de Chimborazo, es la urbe más poblada de la misma, se localiza en el centro de la región interandina del Ecuador, cerca del centro geográfico del país, se encuentra ubicado a una altitud de 2750 msnm, con un clima frío andino de 12°C de promedio, la ciudad de Riobamba posee carreteras de primer orden, asfaltadas en el perímetro urbano, y por el hecho de poseer un orden urbanístico, permiten la movilización de una variada red de transporte

público entre buses y taxis y vehículos privados, por sus amplias calles, se encuentra ubicado muy bien geográficamente, y a una distancia desde Quito de 190 Km, y a un tiempo de desplazamiento de 2 horas y 39 minutos, desde Guayaquil se encuentra a 215 Km, y a un tiempo de 3 horas y 2 minutos, además la ciudad alberga a una de las 8 mejores universidades del Ecuador según el ranking de “Scimago Institutions Rankings”, de igual manera lidera el ranking de “UI GREENMETRIC” por contar con grandes áreas verdes, buen manejo del agua potable, espacios adecuados para el transporte interno de los estudiantes, así como múltiples zonas de parqueaderos, por esta razón se seleccionó una ruta de conducción en las instalaciones de la ESPOCH.

2.7.6 Ruta de Conducción 1

En la tabla 4-2 se muestra la altitud de cada punto de la ruta de conducción, esto con la finalidad de conocer la variación de las altitudes y de esta forma verificar pendientes positivas y negativas entre cada localización de la ruta de conducción 1.

Tabla 4-2: Altitud de cada punto de la ruta de conducción 1.

<i>Ubicación</i>	Nombre	Altitud(m)	Delta de Altitud (m)
<i>Punto inicial</i>		2808.653	0.000
	Puerta Principal	2808.653	24.124
<i>Punto 2</i>	Escuela de Agronomía	2832.777	-14.839
<i>Punto 3</i>	Facultad de Ciencias	2817.937	-7.954
<i>Punto 4</i>	Facultad de Informática y Electrónica	2809.983	-2.485
<i>Punto 5</i>	Carrera de Ingeniería Automotriz	2807.497	-0.639
<i>Punto 6</i>	Puerta Lateral Av. Milton Reyes	2806.858	-0.359
<i>Punto 7</i>	Escuela de Marketing	2806.499	0.000
<i>Punto 8</i>	Escuela de Gastronomía	2806.499	0.000
<i>Punto 9</i>	Avenida Principal Politécnica	2806.499	-0.846
<i>Punto Final</i>	Fin Puerta Principal	2805.653	0.000

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

2.7.6.1 Circuito de la ruta de conducción 1

La figura 4-2 muestra la ruta de conducción 1, esta comprenderá una distancia de recorrido de 5.2 km, dicha ruta de conducción comprenderá pendientes no mayores a las 30%, la pendiente más pronunciada de la ruta de conducción es la que se encuentra en el trayecto desde la puerta principal hasta la Escuela de Agronomía, en esta parte de la ruta de conducción se consumirá mayor amperaje reduciendo la autonomía de la batería, desde ese punto la ruta posee pendientes negativas el cual beneficia y aumenta la autonomía que pueda brindar las baterías.

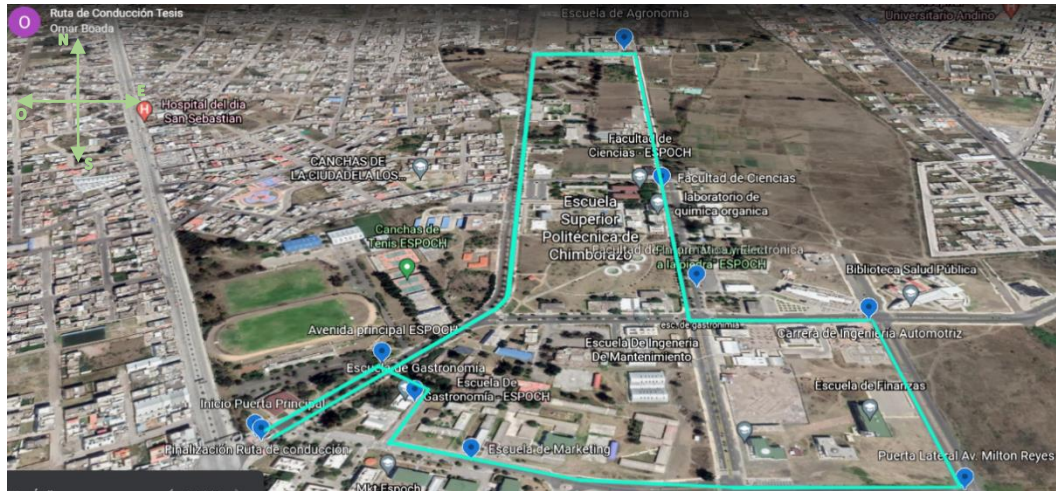


Figura 4-2: Circuito de la ruta de conducción 1.

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

La grafica 2-2 muestra las pendientes positivas y negativas que existen en cada tramo de la ruta de conducción.

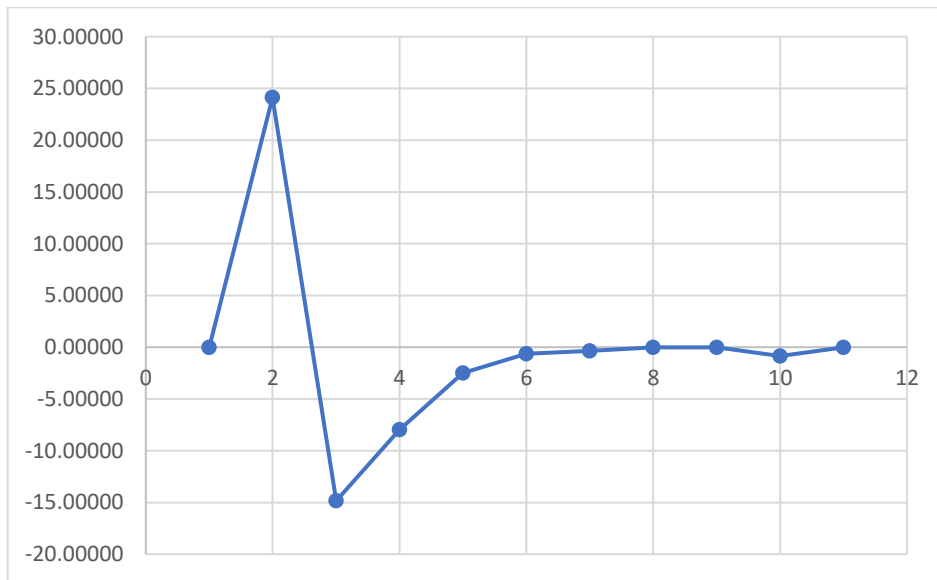


Gráfico 2-2: Pendientes Positivas y Negativas Ruta de Conducción 1

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

Inicia en la puerta principal de la universidad ubicada en la Av. Pedro Vicente Maldonado, dirigiéndose hacia la Escuela de Agronomía, para posteriormente bajar por la Facultad de Ciencias, y pasar por la Facultad de Informática y Electrónica, donde se girará a la izquierda hacia al edificio de Ingeniería Automotriz, y posteriormente se dirigirá hacia la puerta lateral de la Av. Milton Reyes donde se girará a mano derecha en dirección de la Escuela de Marketing, al pasar esta localización se virará a mano derecha hacia la Escuela de Gastronomía para dirigirse a la Avenida Principal de la ESPOCH, por la misma que se dirigirá al último punto de recorrido que será la misma Puerta Principal. A continuación, en las figuras 7-2 hasta 19-2 se detalla la latitud, longitud y altitud de cada punto por donde se dirige la ruta de conducción.

2.7.7 Ruta de Conducción 2

En la tabla 5-2 se muestra la altitud de cada punto de la ruta de conducción, esto con la finalidad de conocer la variación de las altitudes y de esta forma verificar pendientes positivas y negativas entre cada localización de la ruta de conducción 2.

Tabla 5-2: Altitud de cada punto de la ruta de conducción 2

<i>Ubicación</i>	Nombre	Altitud	Delta de Altitud
		2808.653	0.000
<i>Punto inicial</i>	Puerta Principal	2808.653	-4.263
<i>Punto 2</i>	Redondel Av principal ESPOCH	2804.389	4.237
<i>Punto 3</i>	Laboratorio de Autotrónica	2808.627	0.000
<i>Punto 4</i>	Escuela de Gestión y Transportes	2808.627	-2.127
<i>Punto 5</i>	Escuela de Marketing	2806.499	0.000
<i>Punto 6</i>	Escuela de Gastronomía	2806.499	0.000
<i>Punto 7</i>	Avenida Principal Politécnica	2806.499	-0.846
<i>Punto Final</i>	Fin Puerta Principal	2805.653	0.000

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

2.7.7.1 Circuito de la ruta de conducción 2

La ruta de conducción que se observa en la figura 5-2 comprenderá una distancia de recorrido de 1.4 km, dicha ruta de conducción cuenta con pendientes no mayores a 5%, la pendiente más pronunciada de la ruta de conducción es la que se encuentra en el tramo 10, ver figura 29-2, desde la puerta principal de la ESPOCH hasta el redondel de la Av. Principal de la ESPOCH en esta localización de la ruta de conducción se consumirá mayor amperaje reduciendo la autonomía de la batería, desde ese punto la ruta posee pendientes negativas el cual beneficia y aumenta la autonomía que pueda brindar las baterías. La grafica 5-2 muestra la delimitación de la ruta de conducción 2, esta es la ruta más corta de las tres ya que dispone solo de 1.4 km.

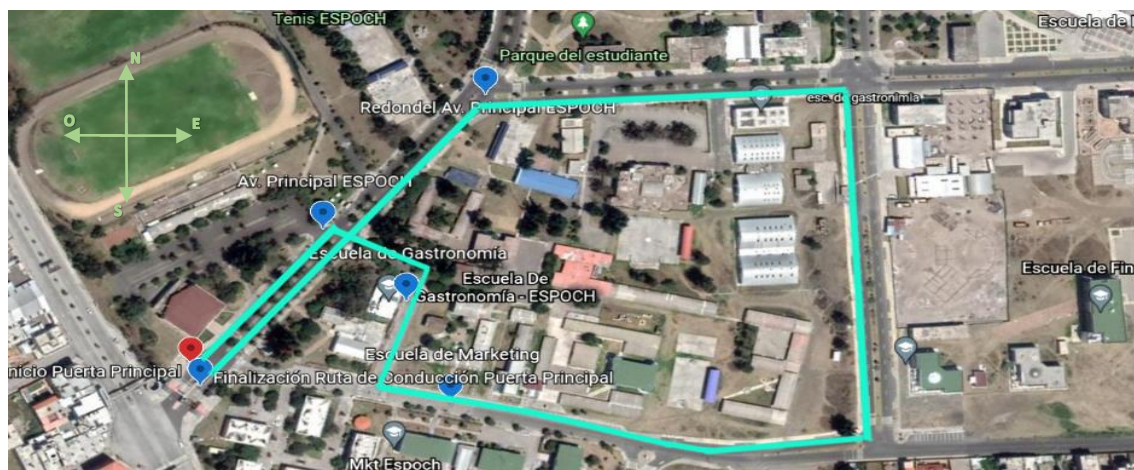


Figura 5-2: Circuito de la ruta de conducción 2.

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

La grafica 3-2 muestra las pendientes positivas y negativas que existen en cada tramo de la ruta de conducción 2, esta ruta de conducción posee pendientes menos inclinadas en comparación a la ruta de conducción 1

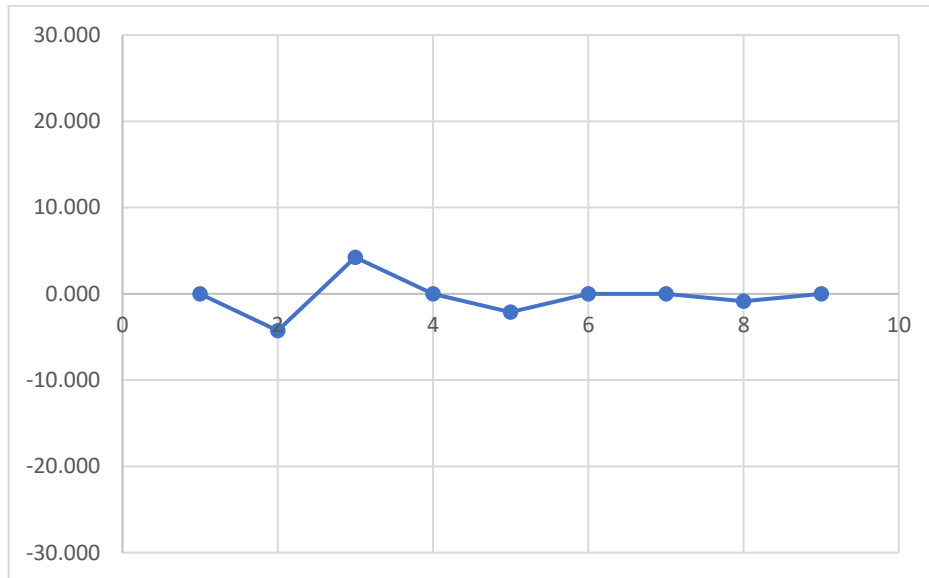


Gráfico 3-2: Pendientes Positivas y Negativas Ruta Conducción 2

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

Inicia en la Puerta Principal de la universidad ubicada en la Av. Pedro Vicente Maldonado, dirigiéndose hacia redondel de la Av. principal ESPOCH, para posteriormente continuar recto hacia la esquina de la Escuela de ingeniería industrial, la dirigirse hacia la escuela de Gestión de transporte para posteriormente dirigirse a la Escuela de Marketing, al pasar esta localización se virará a mano derecha hacia la Escuela de Gastronomía para dirigirse a la Avenida Principal de la ESPOCH, por la misma que se dirigirá al último punto de recorrido que será la misma Puerta Principal

2.7.8 *Análisis de pendientes de la Ruta de Conducción 3*

En la tabla 6-2 se muestra la altitud de cada punto de la ruta de conducción, esto con la finalidad de conocer la variación de las altitudes y de esta forma verificar pendientes positivas y negativas entre cada localización de la ruta de conducción 3, la cual se la lleva a cabo al evitar las pendientes más pronunciadas de las dos rutas de conducción anteriores, se desea lograr una ruta con la mayor parte de la trayectoria sin pendientes y así evitar el mayor esfuerzo del motor que se presenta en la pendiente del tramo 1, ver figura 2-3.

Tabla 6-2: Altitud de cada punto de la ruta de conducción 3.

<i>Ubicación</i>	Nombre	Altitud	Delta de Altitud
		2808.653	0.000
<i>Punto inicial</i>	Puerta Principal	2808.653	-4.263
<i>Punto 2</i>	Redondel Av. principal ESPOCH	2804.389	3.108
<i>Punto 4</i>	Carrera de Ingeniería Automotriz	2807.497	-0.639
<i>Punto 5</i>	Puerta Lateral Av. Milton Reyes	2806.858	-0.358
<i>Punto 6</i>	Escuela de Marketing	2806.499	0.000
<i>Punto 7</i>	Escuela de Gastronomía	2806.499	0.000
<i>Punto 8</i>	Avenida Principal Politécnica	2806.499	-0.846
<i>Punto Final</i>	Fin Puerta Principal	2805.653	0.000

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

2.7.8.1 Circuito de la ruta de conducción 3

La ruta de conducción que se observa en la figura 6-2 comprenderá una distancia de recorrido de 2 km, dicha ruta de condición comprenderá pendientes no mayores a 5%, cabe recalcar que no cuenta con pendientes y que el recorrido es en su mayoría en un terreno plano, lo cual no permitirá consumir amperaje en exceso ya que el motor no realizará mayor esfuerzo, lo cual generará más kWh de autonomía, y podríamos catalogar a esta ruta como un resultado optimista para el conjunto de motor y baterías de Ni-MH.



Figura 6-2: Circuito de la ruta de conducción 3.

Fuente: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

La grafica 4-2 muestra las pendientes positivas y negativas que existen en cada tramo de la ruta de conducción 3, que se llevó a cabo al evitar las pendientes más pronunciadas del tramo 1 de la ruta de conducción, ver figura 20-2.

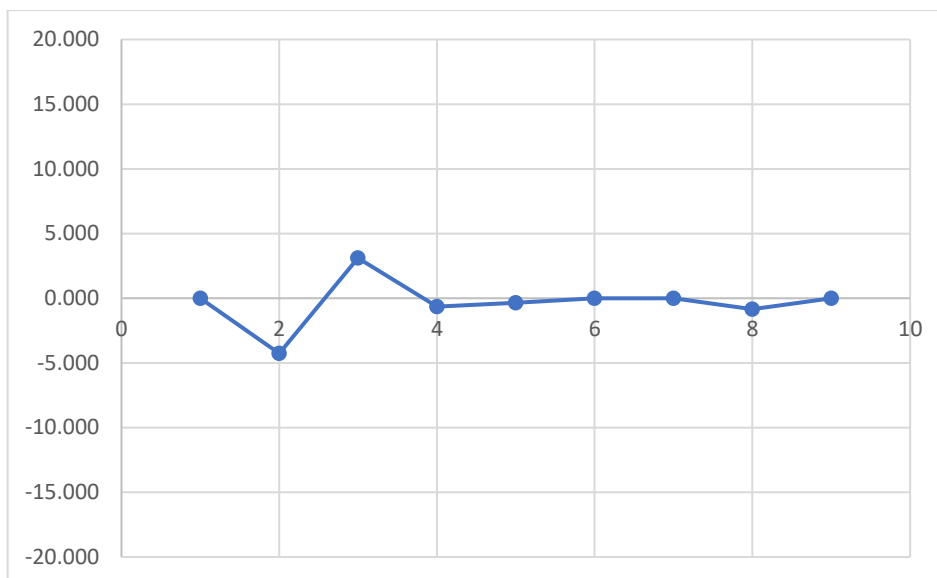


Gráfico 4-2: Pendientes Positivas y Negativas Ruta de Conducción 3

Realizado por: Autoría Propia

La figura 6-2 muestra la delimitación de la ruta 3, inicia en la Puerta Principal de la universidad ubicada en la Av. Pedro Vicente Maldonado, dirigiéndose hacia el Redondel de la Av. Principal ESPOCH, para posteriormente girar a la derecha y dirigirse recto hacia la Escuela de Ingeniería Automotriz, posteriormente se girará a la derecha para descender a la Puerta Lateral Av. Milton Reyes, para posteriormente girar a mano derecha hacia la Escuela de Marketing, al pasar esta localización se virará a mano derecha hacia la Escuela de Gastronomía para dirigirse a la Avenida Principal de la ESPOCH, por la misma que se dirigirá al último punto de recorrido que será la misma Puerta Principal. A continuación, en las figuras 7-2 hasta 19-2 se detalla la latitud, longitud y altitud de cada punto por donde se dirige la ruta de conducción.

2.7.9 Localización de los puntos de las Rutas de conducción.

- Puerta Principal

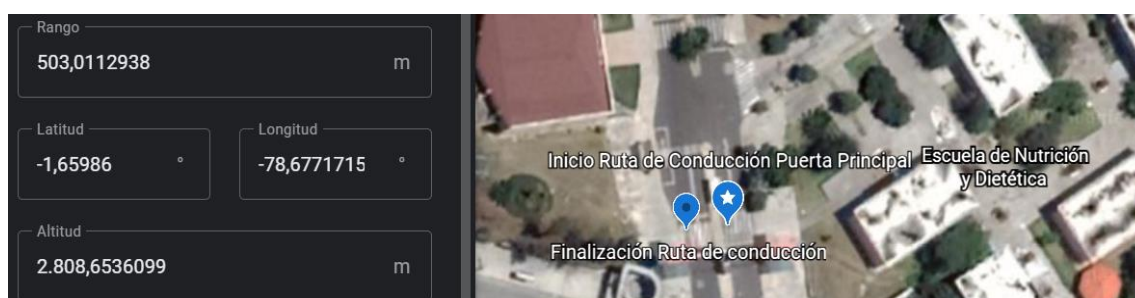


Figura 7-2: Datos de posición del inicio de la ruta de conducción.

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

- Escuela de Agronomía

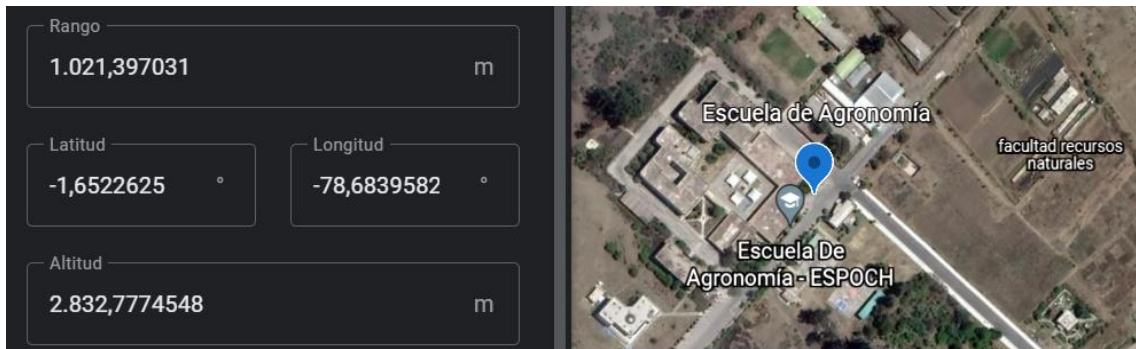


Figura 8-2: Datos de posición de la escuela de agronomía

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

Facultad de Ciencias

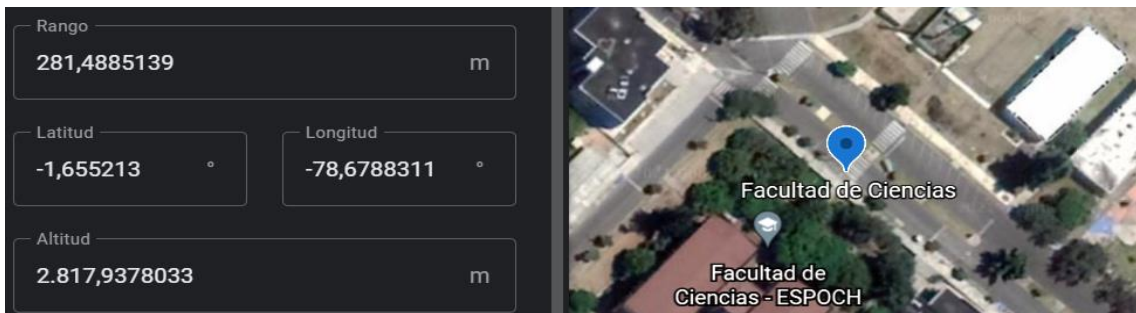


Figura 9-2: Datos de posición de la facultad de ciencias.

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

- Facultad de Informática y electrónica



Figura 10-2: Datos de posición de la facultad de informática y electrónica.

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

- Carrera de Ingeniería Automotriz

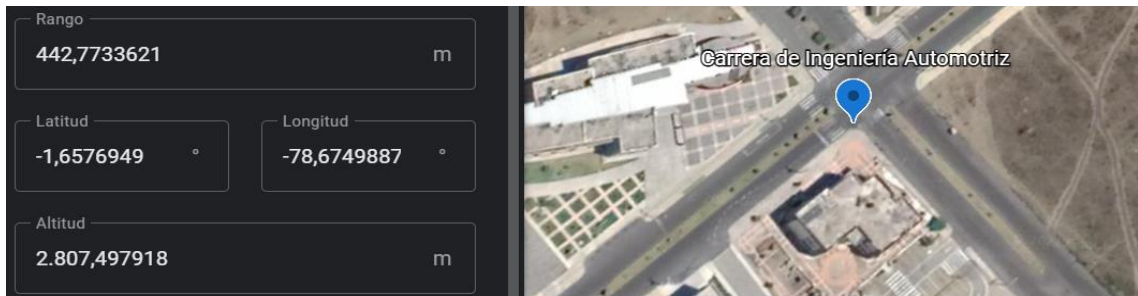


Figura 11-2: Datos de posición de la carrera de ingeniería automotriz.

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

- Puerta Lateral Av. Milton Reyes

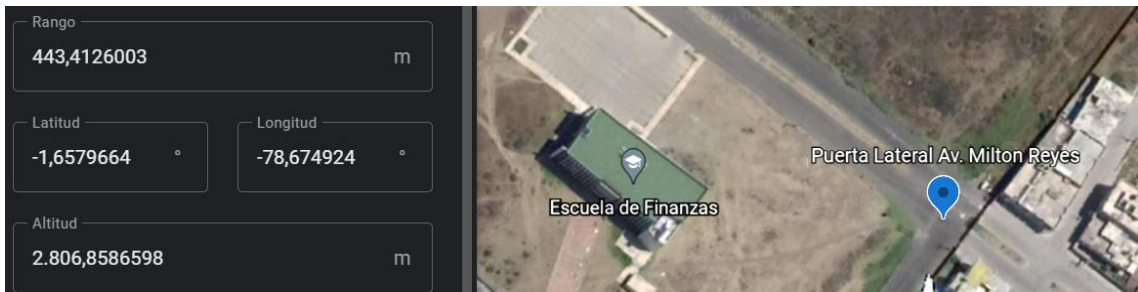


Figura 12-2: Datos de posición de la puerta lateral Av. Milton Reyes

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

- Escuela de Marketing

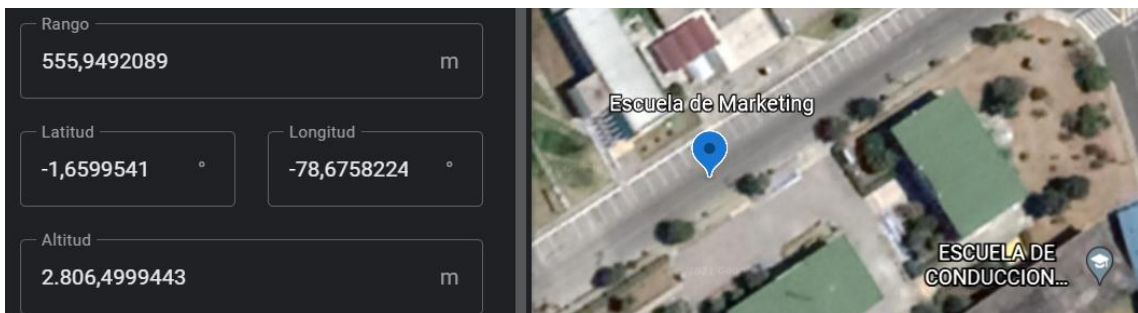


Figura 13-2: Datos de posición de la escuela de Marketing.

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

- Escuela de Gastronomía



Figura 14-2: Datos de posición de la escuela gastronomía.

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

- Avenida Principal

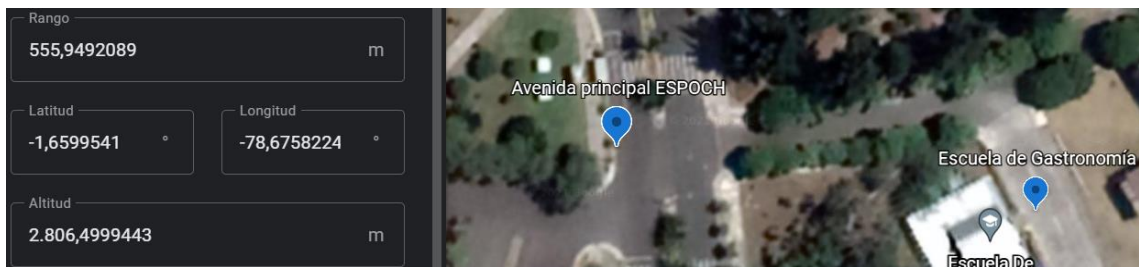


Figura 15-2: Datos de posición de la avenida principal de la ESPOCH.

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

- Redondel Av. Principal ESPOCH



Figura 16-2: Datos de posición de la avenida principal de la ESPOCH.

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

- Laboratorio de Autotrónica



Figura 17-2: Datos de posición del Laboratorio de Autotrónica.

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

- Escuela de Gestión de Transportes.



Figura 18-2: Datos de posición de la Escuela de Gestión de Transporte.

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

- Finalización Puerta Principal

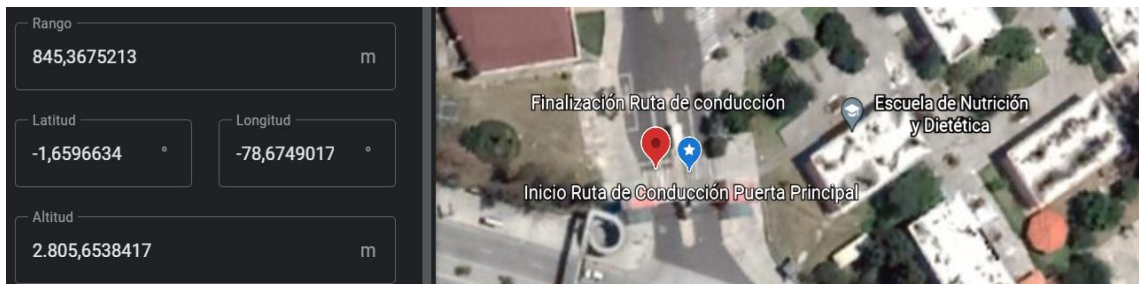


Figura 19-2: Datos de posición del punto final de la ruta de conducción.

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

2.7.10 Tramos de las Rutas de Conducción

➤ Tramo 1 de la ruta de conducción

Punto de partida: Puerta principal ESPOCH. Altitud: 2808.653 m

Punto final: Escuela de Agronomía. Altitud: 2832.777 m

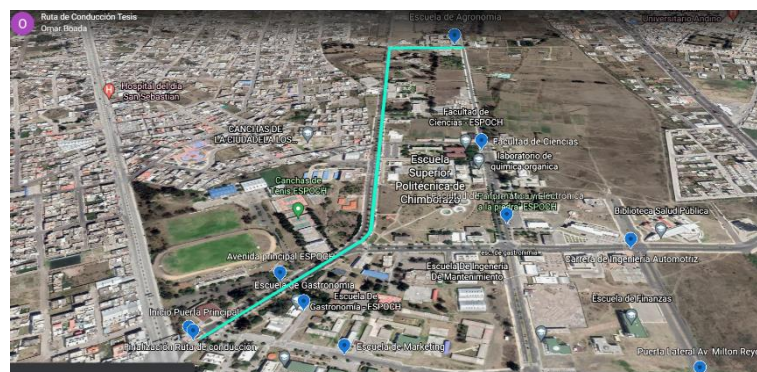


Figura 20-2: Tramo 1 de la ruta de conducción.

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

Punto de inicio de las tres rutas de conducción

➤ Tramo 2 de la ruta de conducción

Punto de partida: Escuela de Agronomía. Altitud: 2832.777 m

Punto final: Facultad de Ciencias. Altitud: 2817.937 m

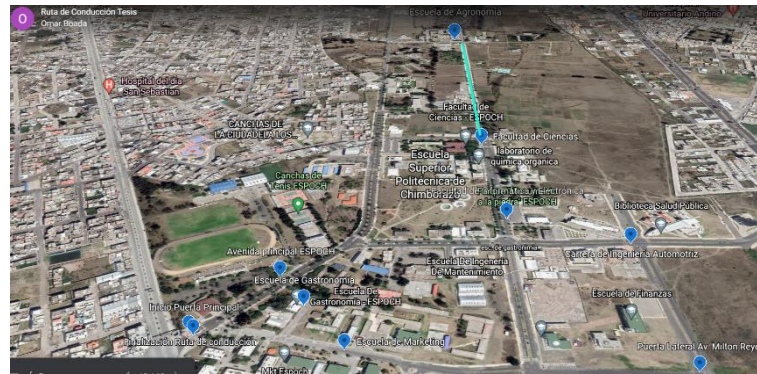


Figura 21-2: Tramo 2 de la ruta de conducción.

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

➤ Tramo 3 de la ruta de conducción

Punto de partida: Facultad de Ciencias. Altitud: 2817.937 m

Punto final: Facultad de informática y electrónica. Altitud: 2809.983 m

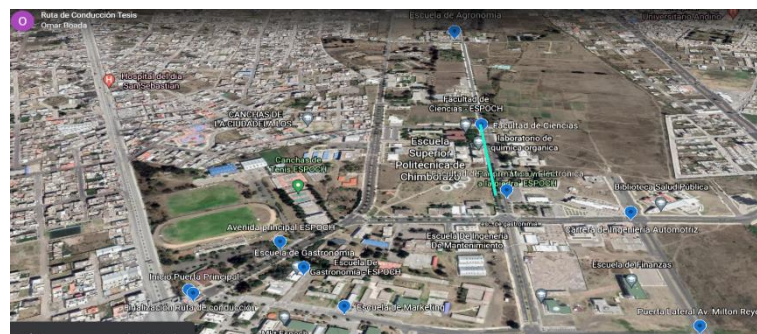


Figura 22-2: Tramo 3 de la ruta de conducción.

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

➤ Tramo 4 de la ruta de conducción

Punto de partida: Facultad de informática y electrónica. Altitud: 2809.983 m

Punto final: Carrera de Ingeniería Automotriz. Altitud: 2807.497 m



Figura 23-2: Tramo 4 de la ruta de conducción.

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

➤ **Tramo 5 de la ruta de conducción**

Punto de partida: Carrera de ingeniería Automotriz. Altitud: 2807.497 m

Punto final: Puerta lateral Av. Milton Reyes. Altitud: 2806.858 m

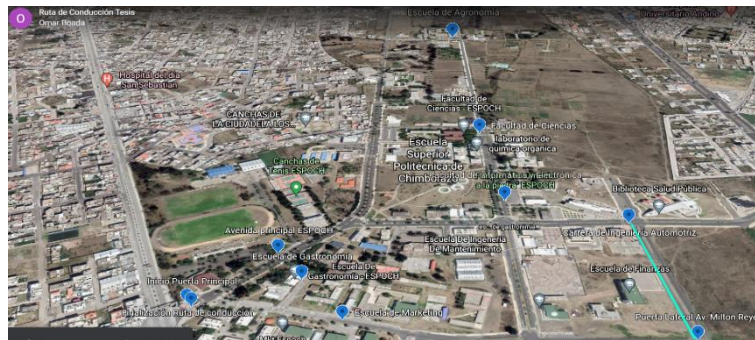


Figura 24-2: Tramo 5 de la ruta de conducción.

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

➤ **Tramo 6 de la ruta de conducción**

Punto de partida: Puerta lateral Av. Milton Reyes. Altitud: 2806.858 m

Punto final: Escuela de Marketing. Altitud: 2806.499 m

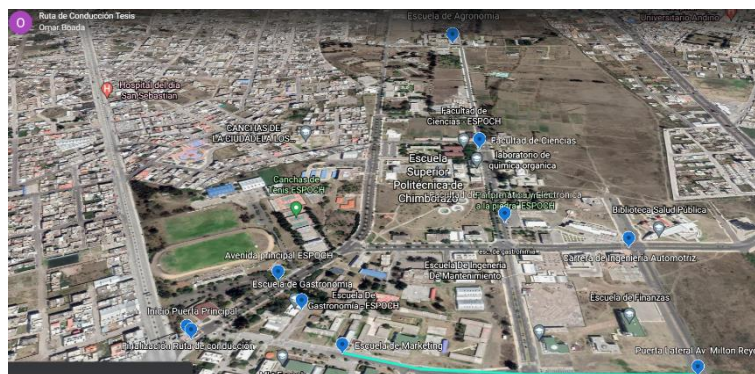


Figura 25-2: Tramo 6 de la ruta de conducción.

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

➤ **Tramo 7 de la ruta de conducción**

Punto de partida: Escuela de Marketing. Altitud: 2806.499 m

Punto final: Escuela de Gastronomía. Altitud: 2806.499 m



Figura 26-2: Tramo 7 de la ruta de conducción.

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

➤ **Tramo 8 de la ruta de conducción**

Punto de partida: Escuela de Gastronomía. Altitud: 2806.499 m

Punto final: Avenida principal. Altitud: 2806.4999 m

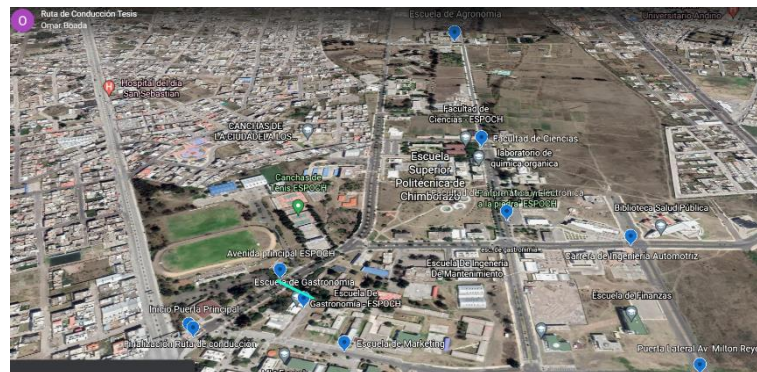


Figura 27-2: Tramo 8 de la ruta de conducción.

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

➤ **Tramo 9 de la ruta de conducción**

Punto de partida: Avenida principal. Altitud: 2806.499 m

Punto final: Punto final de la ruta de conducción. Altitud: 2805.653 m



Figura 28-2: Tramo 9 de la ruta de conducción.

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

➤ **Tramo 10 de la ruta de conducción**

Punto de partida: Puerta principal ESPOCH. Altitud: 2808.653 m

Punto final: Redondel de la Av. Principal ESPOCH. Altitud: 2804.389 m

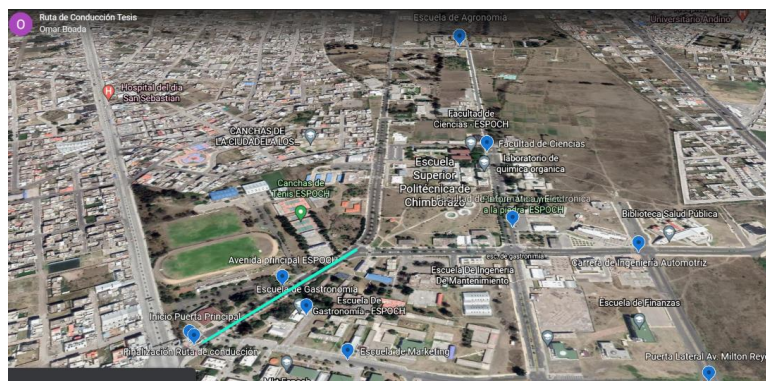


Figura 29-2: Tramo 10 de la ruta de conducción.

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

➤ **Tramo 11 de la ruta de conducción**

Punto de partida: Redondel de la Av. Principal ESPOCH. Altitud: 2804.389 m

Punto final: Esquina laboratorio de autotrónica. Altitud: 2808.627 m

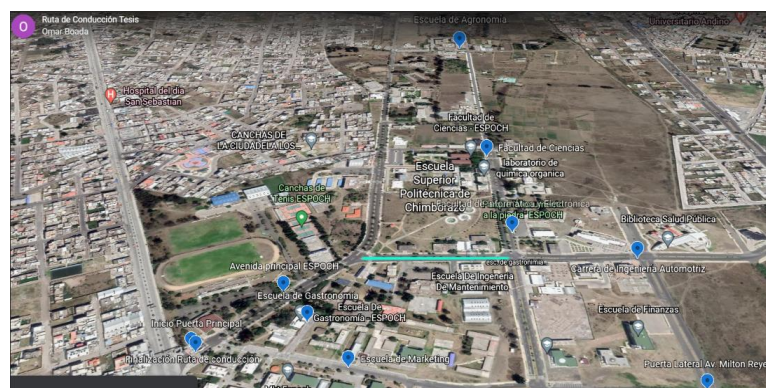


Figura 30-2: Tramo 11 de la ruta de conducción.

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

➤ **Tramo 12 de la ruta de conducción**

Punto de partida: Redondel de la Av. Principal ESPOCH. Altitud: 2804.389 m

Punto final: Carrera de ingeniería Automotriz. Altitud: 2807.497 m



Figura 31-2: Tramo 12 de la ruta de conducción.

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

➤ **Tramo 13 de la ruta de conducción**

Punto de partida: Esquina laboratorio de autotrónica. Altitud: 2808.627 m

Punto final: Escuela de Gestión de transporte. Altitud: 2808.627 m

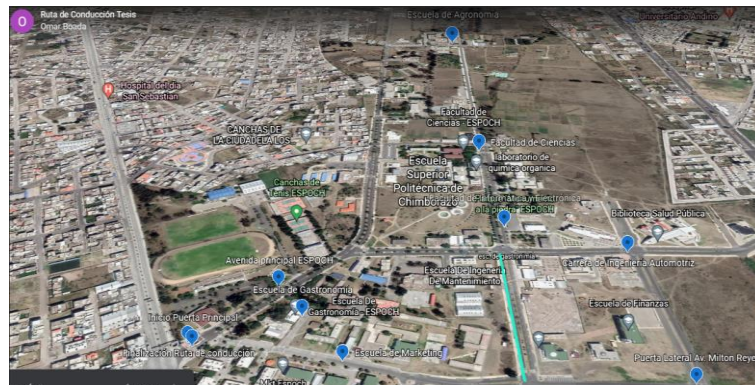


Figura 32-2: Tramo 13 de la ruta de conducción.

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

2.7.11 Las partes principales del circuito de suministro de energía

2.7.11.1 Transformador

Consta de dos bobinas enrolladas alrededor de un núcleo. El núcleo de este transformador está formado por capas de hierro. Cuando la corriente fluye a través de la bobina primaria, se genera un campo magnético. El núcleo de hierro del transformador proporciona un camino para que

pasen las líneas de fuerza magnéticas de modo que casi todas las líneas de fuerza formadas puedan alcanzar la bobina secundaria. La inducción ocurre solo cuando hay un cambio en el campo magnético (Putri y Sasmoko, 2016).

2.7.11.2 *Rectificador*

Los diodos semiconductores se utilizan generalmente para convertir la corriente alterna en corriente continua, en cuyo caso el circuito de diodos se denomina rectificador (Putri y Sasmoko, 2016).

2.7.11.3 *Filtro / depósito*

El componente utilizado en el filtro de la fuente de alimentación es un condensador. Los condensadores funcionan para reducir el voltaje de ondulación no deseado. Los condensadores funcionan según el principio de carga y descarga. El condensador se instala en la salida del circuito rectificador (Putri y Sasmoko, 2016).

2.7.11.4 *Reguladores*

El regulador funciona para regular la estabilidad de la corriente que fluye en los circuitos electrónicos (Putri y Sasmoko, 2016).

2.7.11.5 *Arduino*

Arduino se utiliza como centro de control para el circuito de monitoreo de descarga del acumulador. La entrada del sensor de corriente, sensor de temperatura y divisor de voltaje en el proceso de descarga del acumulador se procesará en el microcontrolador Arduino que luego se mostrará en la pantalla LCD. Arduino también realiza cálculos algorítmicos para determinar la magnitud del voltaje en forma de porcentaje (Putri y Sasmoko, 2016). En el VE el microcontrolador Arduino 1 va a ser el encargado de recibir las señales de los sensores, procesarlos y enviarlos a una pantalla LCD de 2x16, además va a ser capaz de enviar a un sistema de almacenamiento en este caso una microSD para poder analizar los datos obtenidos.

2.7.11.6 *ACS712. Sensor de corriente*

El ACS712 es un sensor de corriente que funciona basándose en el efecto de un campo electromagnético. La salida de este sensor de corriente está influenciada por el campo magnético. Este sensor de corriente se puede utilizar para medir corriente CA o CC. Este módulo sensor equipado con un circuito amplificador operacional, de modo que la sensibilidad de la medición de corriente aumenta y puede medir pequeños cambios de corriente (Putri y Sasmoko, 2016). El sensor de corriente al funcionar con el principio de una pinza amperimétrica va a medir la corriente que

sale del lado positivo de la batería hacia el controlador, esta misma información se va a transmitir al microcontrolador Arduino 1, posteriormente a la pantalla LCD de 2x16.

2.7.11.7 Circuito divisor de voltaje

Un circuito divisor de voltaje puede convertir un alto voltaje en un voltaje más bajo, usa dos resistencias en serie y con una entrada de voltaje. Se puede regular la tensión de salida obtenida del cálculo de la tensión de entrada, en la figura 3-2 se muestra el circuito divisor de voltaje el cual ayuda a reducir un voltaje muy alto a uno que se pueda manejar (Putri y Sasmoko, 2016). La señal para la obtención del voltaje se va a tomar desde el positivo de la batería que va a viajar por el circuito divisor de voltaje, el cual por estar diseñado con resistencias de aproximadamente de $100K\Omega$ a $200K\Omega$, van a disminuir el voltaje y al final del circuito se obtendrá un voltaje de 5V que es fundamental para trabajar con el Arduino 1. La figura 33-2 se muestra el circuito de divisor de voltaje el cual ayuda a reducir la tensión de entrada mediante resistencias hasta lograr el voltaje deseado.

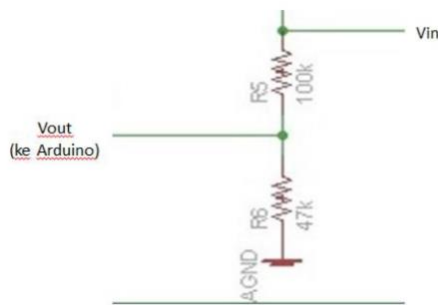


Figura 33-2: Circuito divisor de voltaje

Fuente: (Putri y Sasmoko, 2016).

2.7.11.8 Sensor de temperatura LM35

Un componente que se puede utilizar para medir la temperatura es el LM35. LM35 es una serie circuito integrado (IC) que contiene tres pines. IC LM35 es un sensor de temperatura que es lineal y puede medir temperaturas entre $-55^{\circ}C$ a $+150^{\circ}C$. El voltaje de fuente requerido (V_s) varía de 4 a 30 VCC. El voltaje de salida (V_{out}) depende del voltaje de la fuente, en la figura 28-2 se muestra el principio de funcionamiento del relé (Putri y Sasmoko, 2016).

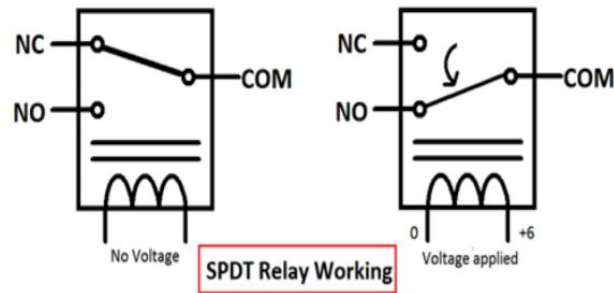


Figura 34-2: Relé SPDT

Fuente: (Putri y Sasmoko, 2016).

Los relés son necesarios en los circuitos electrónicos como ejecutores entre cargas y diferentes sistemas de control electrónico en el sistema. físicamente, el interruptor o contactor con el relé de electroimán está separado, de modo que la carga y el sistema de control están separados. Las partes son bobinas, interruptores o contactores electromagnéticos, armadura oscilante y primavera (Putri y Sasmoko, 2016).

2.7.11.9 LCD (Pantallas de cristal líquido)

La pantalla LCD es un dispositivo electrónico que se utiliza para mostrar números o texto. Hay dos tipos de pantallas LCD: las que pueden mostrar números (que se utilizan en relojes, calculadoras, etc.) y las que muestran texto alfanumérico (que se utilizan a menudo en fotocopiadoras y teléfonos móviles). La herramienta de monitoreo de descarga del acumulador LCD mostrará los resultados de la medición de voltaje en forma de porcentaje, y durante el proceso de descarga del acumulador, el LCD mostrará el porcentaje de voltaje, corriente, temperatura y capacidad del acumulador (Putri y Sasmoko, 2016). La pantalla LCD recibirá información del microcontrolador Arduino 1 y la proyectará para poder llevar el control de los valores.

2.7.12 Diseño y herramientas

En la figura 35-2 se muestra el diagrama de bloques de funcionamiento del circuito para su correcto funcionamiento.

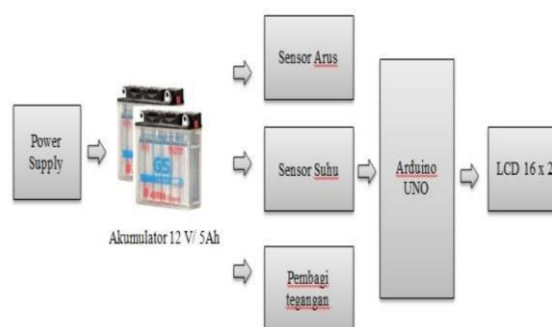


Figura 35-2: Diagrama de bloques

Fuente: (Putri y Sasmoko, 2016).

1. Dispositivo aporte que será procesado por el microcontrolador que consta de voltaje, sensores de temperatura y presionar el botón para establecer qué pasos se ordenarán en esta herramienta de monitoreo de descarga del acumulador.
2. Arduino UNO se utiliza como centro de control que luego regulará las acciones a realizar y como procesador de aporte para producir unas salidas.
3. Dispositivo producción en este caso, la pantalla LCD con un tamaño de 16x2 mostrará los resultados del proceso que ha llevado a cabo Arduino UNO, producción en forma de una pantalla de medición de voltaje que se mostrará en forma de porcentaje, capacidad del acumulador, corriente y temperatura (Putri y Sasmoko, 2016).

En la figura 36-2 se muestra el circuito general de conexión del circuito para la medición del voltaje, amperaje y la temperatura de las baterías.

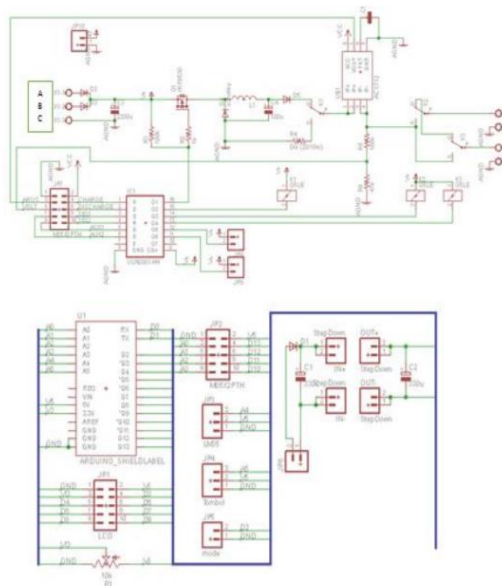


Figura 36-2: Circuito general

Fuente: (Putri y Sasmoko, 2016).

En base al circuito anterior, hay 3 enchufes vacíos, es decir, en la columna ABC, se debe instalar un transformador CT para alimentar el equipo. El transformador utilizado es el tipo reducir, para bajar el voltaje de 220 VAC a 12 VAC que es rectificado por el diodo para que se convierta en 12VDC (Putri y Sasmoko, 2016).

2.7.12.1 Funcionamiento DATALOG

El funcionamiento básicamente radica en la medición de la tensión y la intensidad de la batería durante toda la ruta de conducción, en la figura 37-2 se muestra el diagrama de funcionamiento

del DATALOG, este es el encargado de realizar toda esta medición, esto lo logra mediante la programación que fue cargada en este microcontrolador, todos los datos recolectados serán enviados a una tarjeta microSD la cual es la encargada de recibir la información y almacenarla para ser procesada posteriormente.

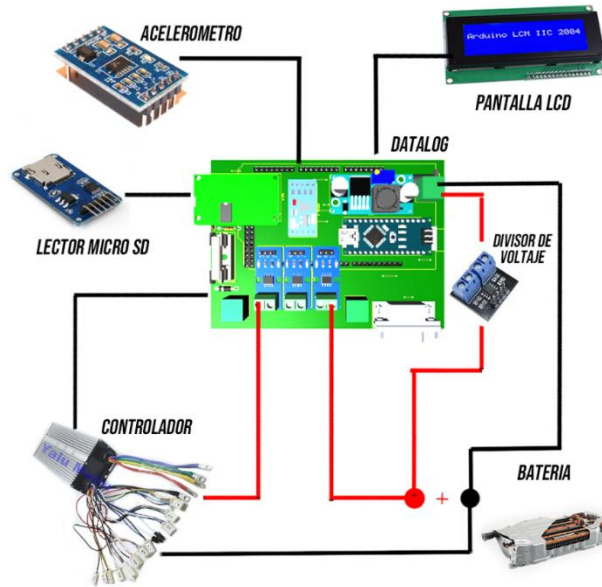


Figura 37-2: Diagrama de funcionamiento de recolección de datos.

Para su funcionamiento el DATALOG requiere un voltaje de 5 V ya que si supera este valor estará en riesgos de causar daños al DATALOG, 2 celdas de Níquel Metal-Hidruro son las encargadas de dar la alimentación al sistema el cual tiene un valor de 14.4 V. En la figura 38-2 se muestra el circuito de divisor de voltaje el cual es el encargado de reducir la tensión de entrada mediante las R1 y R2 hasta reducirle a una tensión de 5 V.

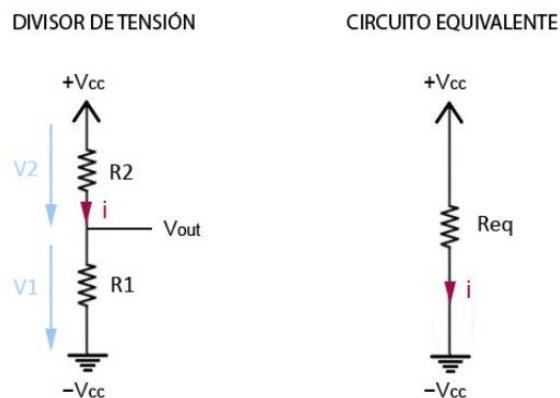


Figura 38-2: Diagrama divisor de voltaje

El microcontrolador DATALOG envía datos a una pantalla LCD para su visualización en tiempo real para monitorear cualquier irregularidad que se pueda producir durante la ruta de conducción. Para la medición de la corriente se utiliza un sensor de corriente incorporado en el DATALOG el cual censa la corriente al pasar y ese dato es procesado y enviado a la microSD en tiempo real, el voltaje es medido mediante la señal del polo negativo de la batería, se conecta el cable negativo de la batería con la entrada negativa del DATALOG. El circuito general de conexión del DATALOG se presentan en la gráfica 39-2, se muestra el circuito del sensor del voltaje y los demás pines de conexión con el con el Arduino MEGA.

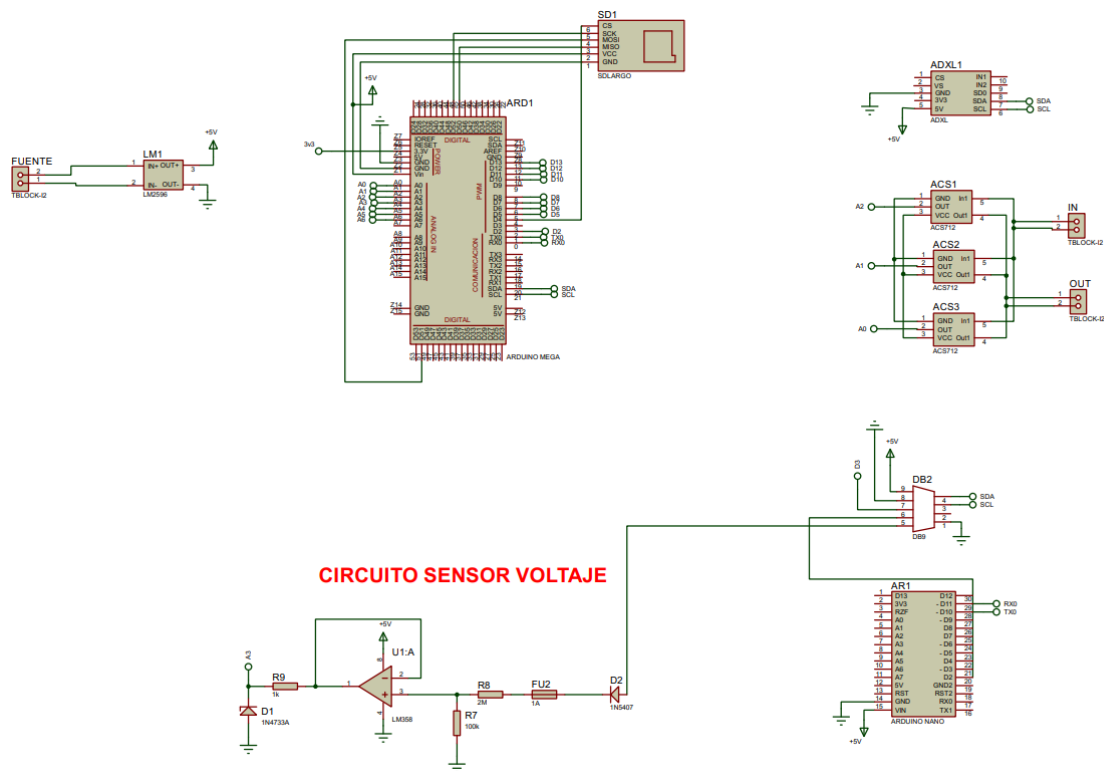


Figura 39-2: Circuito general DATALOG

El Arduino mega es el encargado de procesar todas las señales de medición para posteriormente enviarlas a las microSD para su posterior almacenamiento. El software ARDUINO es el encargado de la programación para el correcto funcionamiento de controlador DATALOG, un sistema de seguridad para saber si la microSD esta almacena los datos es un LED, su funcionamiento es muy sencillo si no está recolecta datos este se mantiene encendido, pero si está recolectando datos este led empieza a encandecerse y a apagarse con una frecuencia alta.

2.7.12.2 Código de programación para el DATALOG

A continuación, se presenta el código de programación para la recolección de datos.

```

#include <Wire.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_ADXL345_U.h>
#include <SPI.h>
#include <SD.h>

const int chipSelect = 4;

/* Assign a unique ID to this sensor at the same time */
Adafruit_ADXL345_Unified accel = Adafruit_ADXL345_Unified(12345);
float voltaje,voltaje2,corriente1,corriente2,corriente3,corriente,velocidad,vibracion,SOC,v;
String dato;
float Sensibilidad=0.0252;
int i;
int led=0;
void setup(void)
{
//analogReference(INTERNAL1V1); //solo Arduino Mega
// Serial.begin(115200);
pinMode(led,OUTPUT);
digitalWrite(led,HIGH);
delay(100);
digitalWrite(led,LOW);
// Serial.println("Accelerometer Test"); Serial.println("");

/* Initialise the sensor */
if(!accel.begin())
{
/* There was a problem detecting the ADXL345 ... check your connections */
// Serial.println("Oops, no ADXL345 detected ... Check your wiring!");
while(1);
}

if (!SD.begin(chipSelect)) {
digitalWrite(led,HIGH);
// don't do anything more:
while (1);
}

/* Set the range to whatever is appropriate for your project */
accel.setRange(ADXL345_RANGE_16_G);
displaySensorDetails();
displayDataRate();
displayRange();

}

void loop(void)
{

```

```

/* Get a new sensor event */

volcorr();
// pantalla();
//printdatos();

File dataFile = SD.open("DATALOG.txt", FILE_WRITE);

// if the file is available, write to it:
if (dataFile) {

digitalWrite(0,HIGH);

dataFile.print("Voltaje,");
dataFile.print(voltaje);
dataFile.print(",Corriente,");
dataFile.print(corriente);
dataFile.print(",SOC,");
dataFile.print(SOC);
dataFile.print(",Velocidad,");
dataFile.print(velocidad);
dataFile.print(",Vibracion,");
dataFile.println(vibracion);

dataFile.close();
digitalWrite(0,HIGH);
delay(50);
digitalWrite(0,LOW);
delay(50);
// print to the serial port too:

}
// if the file isn't open, pop up an error:
else {
//Serial.println("error opening datalog.txt");
}
}

void volcorr()
{

corriente1 =get_corriente1(200);
corriente2 =get_corriente2(200);
corriente3 =get_corriente2(200);

corriente=corriente1+corriente2+corriente3;

corriente=corriente1;

if(corriente<0.5){ corriente=0; }

```

```

for(i=1;i<=100;i++)
{
    voltaje2 = voltaje2+(analogRead(A3) * (108.0 / 1023.0));
}
voltaje2=voltaje2/100;
voltaje = voltaje2;
v =voltaje;
if(v>=72){v=72;}
if(v<=-58){v=-58;}

sensors_event_t event;
accel.getEvent(&event);
vibracion=event.acceleration.z;

SOC=((v-58)*100)/14;
}

float get_corriente1(int n_muestras)
{
    float voltajeSensor;
    float corriente=0;
    for(int i=0;i<n_muestras;i++)
    {
        voltajeSensor = analogRead(A0) * (5.0 / 1023.0);///lectura del sensor
        corriente=corriente+(voltajeSensor-2.5)/Sensibilidad; //Ecuación para obtener la corriente
    }
    corriente=corriente/n_muestras;
    return(corriente);
}

float get_corriente2(int n_muestras)
{
    float voltajeSensor;
    float corriente=0;
    for(int i=0;i<n_muestras;i++)
    {
        voltajeSensor = analogRead(A1) * (5.0 / 1023.0);///lectura del sensor
        corriente=corriente+(voltajeSensor-2.621)/Sensibilidad; //Ecuación para obtener la corriente
    }
    corriente=corriente/n_muestras;
    return(corriente);
}

float get_corriente3(int n_muestras)
{
    float voltajeSensor;
    float corriente=0;
    for(int i=0;i<n_muestras;i++)
    {
        voltajeSensor = analogRead(A2) * (5.0 / 1023.0);///lectura del sensor
        corriente=corriente+(voltajeSensor-2.621)/Sensibilidad; //Ecuación para obtener la corriente
    }
    corriente=corriente/n_muestras;
}

```

```

return(corriente);
}

void displaySensorDetails(void)
{
  sensor_t sensor;
  accel.getSensor(&sensor);
  // Serial.println("-----");
  // Serial.print ("Sensor:  "); Serial.println(sensor.name);
  // Serial.print ("Driver Ver:  "); Serial.println(sensor.version);
  // Serial.print ("Unique ID:  "); Serial.println(sensor.sensor_id);
  // Serial.print ("Max Value:  "); Serial.print(sensor.max_value); Serial.println(" m/s^2");
  // Serial.print ("Min Value:  "); Serial.print(sensor.min_value); Serial.println(" m/s^2");
  // Serial.print ("Resolution:  "); Serial.print(sensor.resolution); Serial.println(" m/s^2");
  // Serial.println("-----");
  // Serial.println("");
  delay(10);
}

void displayDataRate(void)
{
  // Serial.print ("Data Rate:  ");

  switch(accel.getDataRate())
  {
    case ADXL345_DATARATE_3200_HZ:
      // Serial.print ("3200 ");
      break;
    case ADXL345_DATARATE_1600_HZ:
      // Serial.print ("1600 ");
      break;
    case ADXL345_DATARATE_800_HZ:
      //Serial.print ("800 ");
      break;
    case ADXL345_DATARATE_400_HZ:
      //Serial.print ("400 ");
      break;
    case ADXL345_DATARATE_200_HZ:
      //Serial.print ("200 ");
      break;
    case ADXL345_DATARATE_100_HZ:
      // Serial.print ("100 ");
      break;
    case ADXL345_DATARATE_50_HZ:
      //Serial.print ("50 ");
      break;
    case ADXL345_DATARATE_25_HZ:
      //Serial.print ("25 ");
      break;
  }
}

```

```

case ADXL345_DATARATE_12_5_HZ:
    //Serial.print ("12.5 ");
    break;
case ADXL345_DATARATE_6_25HZ:
    //Serial.print ("6.25 ");
    break;
case ADXL345_DATARATE_3_13_HZ:
    //Serial.print ("3.13 ");
    break;
case ADXL345_DATARATE_1_56_HZ:
    //Serial.print ("1.56 ");
    break;
case ADXL345_DATARATE_0_78_HZ:
    //Serial.print ("0.78 ");
    break;
case ADXL345_DATARATE_0_39_HZ:
    //Serial.print ("0.39 ");
    break;
case ADXL345_DATARATE_0_20_HZ:
    //Serial.print ("0.20 ");
    break;
case ADXL345_DATARATE_0_10_HZ:
    //Serial.print ("0.10 ");
    break;
default:
    //Serial.print ("??? ");
    break;
}
//Serial.println(" Hz");
}

void displayRange(void)
{
    // Serial.print ("Range:   +/- ");

    switch(accel.getRange())
    {
        case ADXL345_RANGE_16_G:
            // Serial.print ("16 ");
            break;
        case ADXL345_RANGE_8_G:
            // Serial.print ("8 ");
            break;
        case ADXL345_RANGE_4_G:
            // Serial.print ("4 ");
            break;
        case ADXL345_RANGE_2_G:
            //Serial.print ("2 ");
            break;
        default:
            //Serial.print ("?? ");
    }
}

```

```

break;
}
//Serial.println(" g");
}

```

2.8 Frenos

2.8.1 Análisis del freno.

El freno del vehículo se accionará hidráulicamente por ende se deben realizar cálculos para identificar si el vehículo lograra frenar. La distancia de frenado es el espacio que recorre el vehículo eléctrico desde que accionamos el freno hasta su detención total. Es muy importante ver el comportamiento del vehículo en pruebas de frenado a distintas velocidades para tener precaución al momento de conducir. (Ricardo A. García-León & Eder Flórez-Solano2, 2017).

Se estima que la velocidad máxima a la que llega el prototipo es de 30 Km/h y su masa es de 500Kg.

2.8.1.1 Fuerza de frenado entre el neumático y el suelo.

La fuerza de frenado depende del tipo de carretera que se encuentre en la ruta de condición, mientras menor sea el coeficiente de fricción entre las superficies de contacto la fuerza de frenado será mayor (Sánchez et al., 2019). En el frenado el vehículo es retenido por las fuerzas de fricción F_{s1} y F_{s2} entre la carretera y el neumático ya que la fuerza F es menor que la fuerza de fricción entre la rueda y el piso, la fuerza de fricción es directamente proporcional a la fuerza a la fuerza que se somete la rueda sobre el suelo y se puede calcular mediante la ecuación 4.

$$F_s = N * \mu S \quad (4)$$

Donde:

F_s = Fuerza de Frenado

μS = coeficiente de adherencia

N = Fuerza Normal entre las superficies de contacto

En la tabla 8-1 se muestra los coeficientes de adherencia (μS) en los distintos tipos de calzadas por los que el auto puede circular, de esta tabla se pueden considerar los valores de μS para el análisis de la fuerza de frenado, dicha fuerza es el resultado del esfuerzo mecánico producido por la palanca del freno hacia el sistema hidráulico

2.8.1.2 Fuerza de frenado y presión del sistema.

La fuerza que ejerce el cilindro de la central hacia el sistema depende de la fuerza del que ejerce el conductor sobre el pedal y también de la relación de palancas del pedal como se observa en la

figura 16-1 para el calculo (Sánchez et al., 2019) para el cálculo de la fuerza que ejerce el pistón sobre el líquido hidráulico se ocupa la ecuación 5.

$$F_1 = \frac{F * a}{b} = [N] \quad (5)$$

Donde:

F_1 = Fuerza del pistón de la central del freno sobre el líquido de freno.

F = Fuerza de pie

$\frac{a}{b}$ = Relación de palancas del pedal del freno.

La fuerza F_1 servirá para obtener la presión en el sistema, esta presión será la misma en todo el sistema debido a que es un circuito cerrado, para encontrar la presión del sistema se ocupa la ecuación 6.

$$P_B = \frac{F_1}{A} = \left[\frac{N}{m^2} \right] \quad (6)$$

$$P_B = \frac{F_1}{\frac{\pi * (\varnothing^2)}{4}} = \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

Donde:

P_B = Presión en el sistema hidráulico

F_1 = Fuerza ejercida en el líquido hidráulico

A = Área del pistón de empuje.

La fuerza de generada por la presión del sistema en el cilindro que empuja las pastillas o zapatas se puede calcular con la ecuación 7.

$$F_2 = P_b * A = [N] \quad (7)$$

$$F_2 = P_b * \frac{\pi * (\varnothing^2)}{4} = [N]$$

Donde:

P_b = Presión en el sistema hidráulico

F_2 = Fuerza que ejerce el pistón sobre las pastillas de freno

A = Área del pistón de empuje de las pastillas de frenos.

Para calcular la fuerza total de accionamiento se utiliza la ecuación 9 en la cual se debe sumas la fuerza total, es decir las fuerzas de los 2 neumáticos de las llantas delanteras y posteriores (Sánchez et al., 2019).

$$F_{total} = (F_t \text{ delanteras} + F_t \text{ traseras}) \quad (8)$$

De acuerdo a la velocidad máxima que pueda alcanzar el prototipo, dependiendo del coeficiente de adherencia y el tiempo de frenado, se puede evaluar si el sistema de frenado es el indicado para el vehículo esta evaluación se la puede dar al realizar los cálculos de las fuerzas de arrastre, de la presión en el sistema y del tiempo de frenado, pero cabe recalcar que la mayoría de veces el sistema de accionamiento hidráulico es el más adecuado para vehículos tipos sedan ya que al no tener mucho peso el sistema no requerirá un exagerada fuerza en el pedal por parte del conductor para lograr detener el vehículo (Sánchez et al., 2019).

2.8.1.3 *Tiempo de frenado.*

El tiempo de frenado depende de la velocidad a al que viaja el automóvil como también depende del coeficiente de adherencia (μ) del terreno si la velocidad es relativamente baja y el coeficiente es alto el tiempo de frenado será bajo, a este tiempo se debe tomar en cuenta en tiempo de reacción del conductor es decir el tiempo que tarde el conductor en accionar el pedal del freno desde el momento en el que vio el obstáculo, este tiempo se lo puede calcular con la ecuación 9 (Sánchez et al., 2019).

$$T_p = \frac{V}{\mu * g} + 1 \quad (9)$$

Donde:

T_p = Tiempo de frenado

μ = Coeficiente de adherencia

V = Velocidad del vehículo

g = Gravedad

2.9 Sistema de suspensión

2.9.1 *Vibraciones del vehículo*

Un viaje cómodo es esencial para que un vehículo obtenga la satisfacción de los pasajeros, desde este punto de vista, los fabricantes de vehículos buscan constantemente mejorar la comodidad frente a las vibraciones. La vibración se produce normalmente debido a los efectos dinámicos de las tolerancias de fabricación, holguras, contacto de rodadura y fricción entre las piezas de la máquina y fuerzas desequilibradas en los elementos giratorios y alternativos. A menudo, pequeñas

vibraciones insignificantes pueden excitar las frecuencias de resonancia de algunas otras partes estructurales y amplificarse en fuentes importantes de vibración y ruido. Por eso es tan importante monitorear la vibración. Muchos factores influyen en la transmisión de vibraciones hacia y a través del cuerpo. La transmisión asociada con el sistema dinámico depende de la frecuencia y dirección del movimiento de entrada y de las características del sistema de suspensión del vehículo y del asiento desde el cual se recibe la exposición a la vibración. Se dice que un objeto vibra cuando ejecuta un movimiento oscilatorio alrededor de una posición de equilibrio. La vibración se encuentra en los entornos aeroespaciales y de transporte o simulada por un sistema de agitación (Abouel-Seoud, 2020).

Se puede derivar varios valores importantes de la aceleración. Por ejemplo, si se conoce la masa (m) de un objeto, al multiplicar eso por su aceleración (a) y así derivar la fuerza (F).

2.9.2 Sistema de suspensiones mecánicas

La suspensión de tipo mecánico generalmente consta de elementos de resorte y amortiguador. Ningún control por computadora está asociado con este tipo de suspensión. Las características de la suspensión están fijadas por la masa, el resorte y los elementos del amortiguador, aunque algunos sistemas pasivos pueden tener ajustes limitados para el resorte y / o los elementos del amortiguador. Las suspensiones pasivas no cambian ni optimizan automáticamente sus características de resorte o amortiguador en función de un entorno cambiante. Por lo tanto, son más efectivos en un rango estrecho de entradas de perturbaciones. Las suspensiones están diseñadas sobre la base de una carga de masa nominal y un entorno de perturbación que se espera que sea más frecuente durante la vida útil de diseño de la suspensión. La constante de resorte equivalente y el coeficiente de amortiguación de la suspensión mecánica ayudan a la determinación de las vibraciones del vehículo. En la figura se muestra la suspensión del vehículo de prueba (Abouel-Seoud, 2020).

2.9.3 Acelerómetro

Es un sensor el cual a través de su funcionamiento piezo-eléctrico, recibe y recaba datos producidos por las vibraciones del chasis y la carrocería, las cuales se van a obtener en las rutas de conducción delimitadas y desarrolladas en el circuito predispuesto, el acelerómetro va a ir integrado en la carrocería del VE, el cual va a ser procesado por el microcontrolador denominado DATALOG y estos datos se enviarán y almacenarán en la microSD para posterior su análisis.

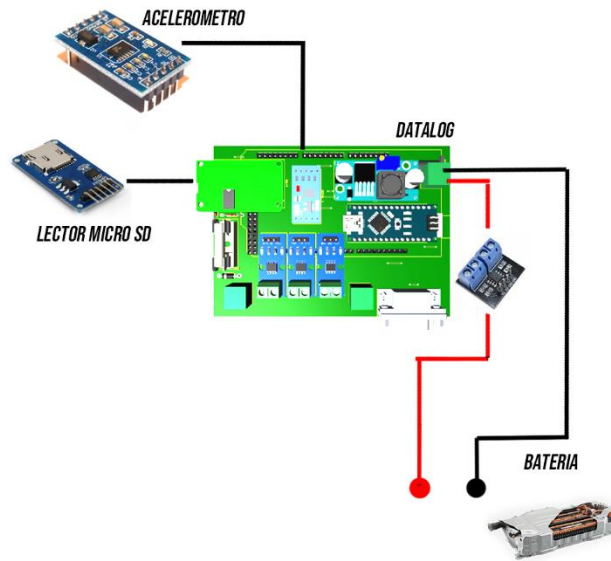


Figura 40-2: Diagrama de conexión entre el acelerómetro y microcontrolador DATLOG

La figura 40-2 muestra el diagrama de conexión para la medición de las vibraciones del vehículo en ruta el acelerómetro se fija a la carrocería del VE para recibir directamente las vibraciones en los rompe velocidades o en los huecos que se puedan presentar en la ruta de conducción.

El vehículo de prueba fue un prototipo de vehículo eléctrico fabricado para 2 pasajeros, cuyas condiciones de trabajo se establecieron a una velocidad constante de 25 km / h. La superficie de la carretera utilizada en este estudio fue una Textura de hormigón pavimentado, donde sus características no presentaban desgaste ni intemperie, piedras pequeñas, superficie lisa, bajo nivel de vibración general y mayor frecuencia mayor proporción de ruido, y ausencia de “rugido”. Las mediciones de vibración se realizaron en la superficie de la carretera mencionada anteriormente y las muestras de vibración se adquirieron con un período de integración de 1.0 segundo y cada medición individual Aseguramiento con una duración de 10 segundos al utilizar un analizador multicanal. Las aceleraciones no ponderadas en la base del asiento del vehículo (piso) y en el asiento del pasajero se midieron con acelerómetros Bruel & Kjaer Tipo 4514B-001. El acelerómetro debe moverse con la interfaz, no debe alterar las propiedades dinámicas ni del asiento del vehículo ni del cuerpo del pasajero y debe ofrecer poca impedancia al movimiento en el rango de frecuencia de interés. Por este motivo, se utilizó un disco delgado de 0,25 m de diámetro (interfaz de asiento para acelerómetro que indica la aceleración recibida del cuerpo del pasajero). Como solo se consideró la dirección vertical, solo se midieron las aceleraciones verticales. En la figura se presenta el esquema que se realizó para la medición de las vibraciones tanto en el piso del vehículo eléctrico y las vibraciones del asiento del conductor. En la figura 10-

2 muestra un esquema de la configuración que se hizo para que el correcto funcionamiento del circuito (Abouel-Seoud, 2020).

2.10 Análisis estadístico de los resultados

2.10.1 Análisis descriptivo

Los datos obtenidos en vehículos con motores de combustión interna aún se encuentran sobre los vehículos eléctricos, es por ello que se busca realizar un análisis de los vehículos eléctricos más exhaustivos para posicionar a los EV como una opción más clara al momento de seleccionar un EV. Con el análisis descriptivo, mediante una obtención de un conjunto de datos, y de esta manera determinar parámetros que distinguen las características del EV, en parámetros como Voltaje, Amperaje, y autonomía, de esta manera poder realizar gráficas comparativas de consumo de energía, de esta manera conocer al detalle la información que se estudia, y con este análisis se puede crear deducciones directamente a partir de los datos obtenidos (Pielecha et al., 2020).

2.10.2 Obtención de datos

Se presenta una comparación de la autonomía y el consumo de energía de los vehículos eléctricos de ejemplo. Los datos obtenidos indican diferencias significativas, entre los vehículos eléctricos en función de la temperatura ambiente de su funcionamiento. Como se observa en la gráfica 5-2, para la temperatura ambiente por debajo de 10°C, el rango es más bajo en aproximadamente un 30% en comparación con la temperatura ambiente de 20-25 °C. La autonomía de los vehículos eléctricos varía ampliamente y depende principalmente de la capacidad energética de la batería y del peso del vehículo. Sin embargo, el consumo de energía en pruebas de carretera similares oscila alrededor de intervalos constantes, aproximadamente 20 kWh para las pruebas realizadas a aproximadamente 10 °C y 15 kWh para las pruebas realizadas a aproximadamente 25 °C y en la prueba de homologación WLTC (Worldwide Harmonized Test Cycle) (Pielecha et al., 2020).

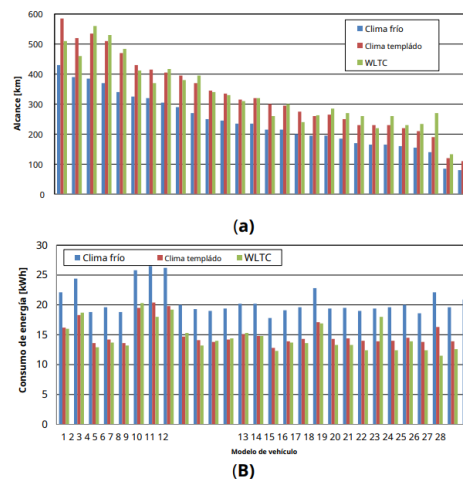


Gráfico 5-2: Comparación de consumo de energía y autonomía.

Fuente: (Pielecha et al., 2020)

2.10.3 Análisis exploratorio

En el caso de estudio se va a realizar dentro de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, en un circuito establecido previamente, se necesita además delimitar el peso de los ocupantes que siendo un EV para dos personas se a dispuesto que tenga un peso de 70 Kg por persona, y en caso de que se ocupen las dos plazas disponibles en el EV, se dispondrá un peso de 140 Kg, Para poder lograr el beneficio que brinda un EV, se puede basar en normas de conducción como el NEDC o el más actual el WLTC. Actualmente en Europa, se aplica el procedimiento WLTC (Ciclo de prueba armonizado mundial). A partir del 1 de septiembre de 2017, reemplazó el procedimiento de homologación de vehículos ligeros NEDC (New European Driving Cycle) para las pruebas de aprobación de tipo, y el 1 de septiembre de 2018, se aplicó a todos los vehículos nuevos. Es importante mencionar que por ser un proyecto de investigación y al no tener una fuente de energía estable, no se puede exigir que se cumplan a cabalidad los ciclos de conducción, es por ello que para el caso de estudio, se realizará una obtención de voltaje, amperaje, revoluciones, y a partir de ellas realizar un análisis más a fondo y no obedecer a ideas o a resultados ya preconcebidos, como ya mencionamos en el proyecto de investigación del caso se obtendrá datos completamente nuevos y de esta forma crear una tendencia que permita entender el comportamiento en ruta del EV.

2.10.4 Análisis estadístico

EL diagrama que se presenta será el encargado de obtener los datos para el análisis estadístico de la autonomía de la batería de alto voltaje, el principio de funcionamiento de este circuito es la medición del voltaje y amperaje, para el censado de la tensión se utiliza un divisor de voltaje para reducir la tensión de las baterías a un valor manejable el cual será procesado mediante un microcontrolador ARDUINO, para la medición del amperaje se utilizara un sensor de corriente que funciona con el principio de la pinza amperimétrica, para la vibraciones del chasis del vehículo se utilizara un acelerómetro ubicado en la carrocería de VE. Los datos recopilados por estos sensores serán enviados a una pantalla LCD para la visualización del conductor y posteriormente los datos se almacenarán en una memoria SD.

La grafica 6-2 indica el SOC en función de la distancia de recorrido, de la misma forma ocurrirá con el voltaje y el amperaje, el análisis posterior de todas estas variables mencionadas genera una conclusión referente a la autonomía de estas baterías y con este motor.

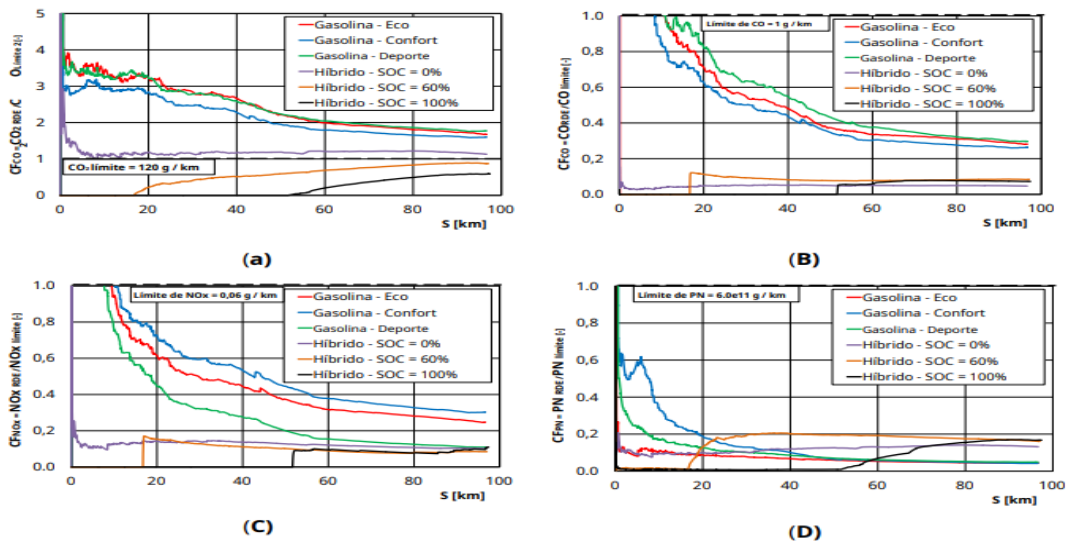


Gráfico 6-2: Estado de carga VS Distancia de recorrido

Fuente: (Pielecha et al., 2020)

2.10.5 Demanda energética

En la gráfica 7-2 se observa la demanda energética de un VE el cual mediante la distancia en Km, el tiempo y consumo de energía por parte del motor, se logra delimitar la demanda energética que va a tener el VE en unidades de kWh, es decir se tiene un consumo de valores constantes se puede observar que para una ruta en zona urbana se alcanzó un valor de 22 kWh / 100 km, de igual manera para una zona rural se alcanzó valores de 21 kWh / 100 km, y por último para una zona de carretera pavimentada se alcanzó valores de 23 kWh / 100 km, estos valores corresponden a un SOC de 0%, 60% y 100%, y se demostró que para valores de SOC de 0% y 100% se tiene una curva de demanda energética muy similar a cuando se tiene un SOC de 60%, lo que entrega una semejanza en todos los valores y desempeños, los resultados cuantificados y reales por segundo en la ruta de conducción se los analizará con los datos obtenidos y procesados por el microcontrolador Arduino 1 (Pielecha et al., 2020).

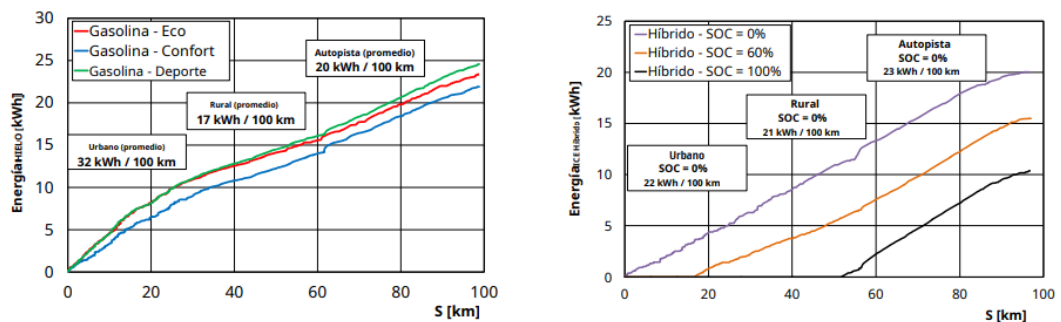


Gráfico 7-2: Demanda energética acumulada

Fuente: (Pielecha et al., 2020)

CAPITULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3 RESULTADOS

3.1 Análisis del freno

3.1.1 Fuerza de frenado del vehículo entre el neumático y el suelo.

En la figura 1-3 se muestra el peso total del vehículo sin ocupantes, este peso se obtuvo al pesar al prototipo del vehículo eléctrico en una balanza.



a)



b)

Figura 1-3: a) vehículo sobre la balanza b) Peso del vehículo sin ocupantes.

El peso promedio de una persona es de 70 kg por lo que el vehículo aumentara 140 kg más ya que el prototipo de vehículo eléctrico tiene la capacidad para dos personas.

$$P_{Total} = P_{Vehiculo} + 2 * P_{Persona}$$

$$P_{Total} = 425 [Kg] + 2 * 70 [Kg]$$

$$P_{Total} = 565 [Kg]$$

Peso del vehículo: 565kg

$$N_T = P * g$$

$$N_T = 565 [kg] * 9.81 \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

$$N_T = 5542.65[N]$$

$$N = \frac{N_T}{4}$$

$$N = \frac{5542.65[N]}{4}$$

$$N = 1385.66[N]$$

$$F_s = N * \mu S \quad (1)$$

Donde:

F_s = Fuerza de Frenado

μS = coeficiente de adherencia

N = Fuerza Normal entre las superficies de contacto

Para la fuerza de frenado entre el neumático y la calzada de necesita la fuerza normal y el coeficiente de adherencia. En el tabla8-1 se muestra una serie de coeficiente de acuerdo con el tipo del calzada y estado del tiempo se seleccionó los 0,6 debido a que la prueba se realizó en asfalto norma en un día caluroso.

$$F_s = 1385.66[N] * 0.6$$

$$F_s = 831.39[N]$$

3.1.2 Fuerza de frenado y presión del sistema.

La fuerza que ejerce el cilindro de la central hacia el sistema depende de la fuerza del que ejerce el conductor sobre el pedal y también de la relación de palancas del pedal.

$$F_1 = \frac{F * a + b}{b} = [N] \quad (2)$$

Donde:

F_1 = Fuerza del pistón de la central del freno sobre el líquido de freno.

F = Fuerza de pie

$\frac{a}{b}$ = Relación de palancas del pedal del freno.

Datos:

La fuerza del pie se midió con una balanza de resorte colocado junto al a pedal.

Fuerza del pie= 150 N

a=16 cm

b=8 cm

$$F_1 = \frac{F * a}{b} = [N]$$

$$F_1 = \frac{150[N] * 0.16 [m]}{0.08 [m]}$$

$$F_1 = 300 [N]$$

La fuerza F1 que es la fuerza que ejerce el pedal sobre el líquido hidráulico el cual tiene un valor de 300 N El cual tiene un peso de 565 kg el aumento de la fuerza del pie se debe a la relación de palancas, resultado que concuerda con los datos obtenidos con (Sánchez et al., 2019). En donde menciona que mientras el vehículo sea más pesado se debe ingresar mayor fuerza al sistema de frenado hidráulico.

La fuerza F1 servirá para obtener la presión en el sistema.

$$P_B = \frac{F_1}{A} = \left[\frac{N}{m^2} \right] \quad (3)$$

$$P_B = \frac{F_1}{\frac{\pi * (\varnothing^2)}{4}} = \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

Donde:

P_B = Presión en el sistema hidráulico

F_1 = Fuerza ejercida en el líquido hidráulico

A = Área del pistón de empuje.

Datos:

Diámetro de la central de freno: 28 mm

$$P_B = \frac{300 [N]}{\frac{\pi * (0.28^2)}{4}} = \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

$$P_B = 4872.090 \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

La presión que se obtuvo en el sistema es de 4872.090 Pa esta presión en el líquido es el resultado de ejercer una fuerza de 300 N sobre el líquido hidráulico por parte de embolo colocado a al entra de la central del freno.

La fuerza generada por la presión del sistema en el cilindro que empuja las pastillas o zapatas se puede calcular con las siguiente formula y con la medida de la figura 2-3:

$$F_2 = P_b * A = [N] \quad (4)$$

$$F_2 = P_b * \frac{\pi * (\emptyset^2)}{4} = [N]$$

Donde:

P_b = Presión en el sistema hidráulico

F_2 = Fuerza que ejerce el pistón sobre las pastillas de freno

A = Área del pistón de empuje de las pastillas de frenos.



Figura 2-3: Diámetro pistón de la mordaza del freno

Diámetro del pistón de la mordaza: 25 mm

$$F_2 = 4872.090 \left[\frac{N}{m^2} \right] * \frac{\pi * (0.025^2)}{4} = [N]$$

$$F_2 = 239.158 [N]$$

La fuerza que ejercerá el cilindro sobre la pastilla es de 239.158 N, esta es la fuerza que se ejercerá por parte del pistón de la mordaza sobre las pastillas en este caso, esta es la fuerza necesaria para detener al VE, (Sánchez et al., 2019) concluyo que para detorne un auto que pesa 980 Kg se necesita de una fuera aplicada a las pastillas de 262.235 N. Al tomar en cuenta que el vehículo pesa 565 Kg y se tiene una fuerza aplicada a las pastillas de 239.158 N esta fuerza será suficiente como para detener al vehículo sin ningún problema.

3.1.3 Fuerza Total de frenado.

Para calcular la fuerza total de accionamiento se debe sumas la fuerza total, es decir las fuerzas de los 2 neumáticos de las llantas delanteras y posteriores: (Sánchez et al., 2019).

El vehículo eléctrico cuenta con dos cilindros en cada mordaza delantera y para el freno posterior no cuenta con accionamiento hidráulico para el freno sino con accionamiento mecánico por lo que la fuerza en la parte posterior será igual a 0.

$$F_t \text{ traseras} = 0$$

$$F_{total} = (F_t \text{ delanteras} + F_t \text{ traseras}) \quad (5)$$

$$F_{total} = 4 * 239.158 [N] + 0 [N]$$

$$F_{total} = 956.633 [N]$$

3.1.4 Tiempo de frenado.

El tiempo de frenado depende de la velocidad a la que viaja el automóvil como también depende del coeficiente de adherencia (μ).

$$T_p = \frac{V}{\mu * g} + 1 \quad (6)$$

Donde:

T_p = Tiempo de frenado

μ = Coeficiente de adherencia

V = Velocidad del vehículo

g = Gravedad

Datos:

μ = 0.6 (asfalto normal y seco)

g = 9.81 m/s²

La tabla 1-3 muestra las velocidades iniciales transformadas a m/s, dicho número ayuda a obtener el tiempo de frenado, el tiempo que tardara en frenar el vehículo eléctrico dependerá de la velocidad inicial a la que se presione el pedal de freno.

Tabla 1-3: Tiempo de Frenado en Distintas Velocidades

<i>Velocidad (Km/h)</i>	<i>Velocidad (m/s)</i>	<i>Tiempo de frenado (s)</i>
10	2.777	1.471
15	4.166	1.707
20	5.555	1.943
25	6.944	2.179
30	8.333	2.415
35	9.722	2.651

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

En la gráfica 1-3 se muestra en tiempo de frenado del vehículo eléctrico en función de la velocidad inicial, para las pruebas de frenado se realizaron varias pruebas a distintas velocidades sobre una superficie de asfalto normal la cual tiene un coeficiente de fricción de 0.6.

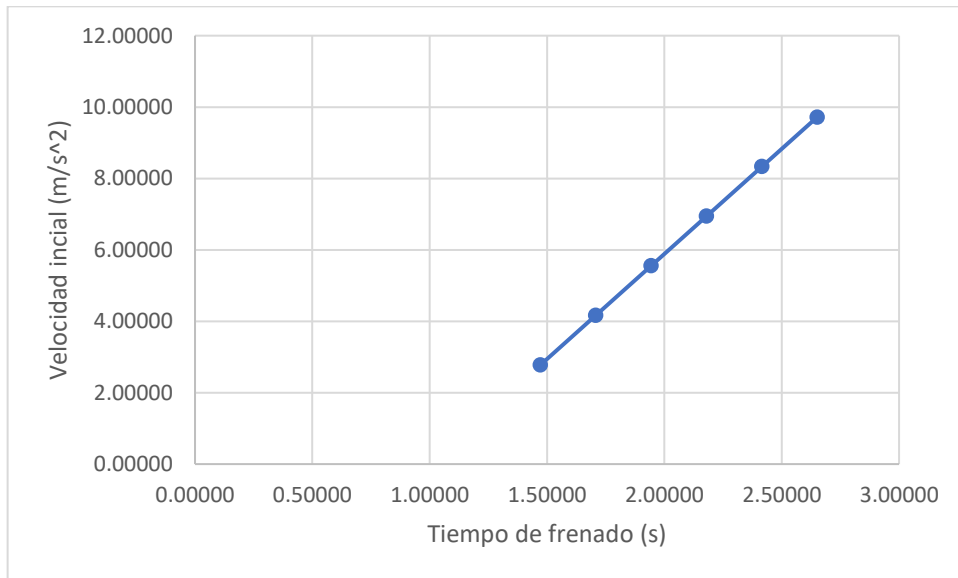


Gráfico 1-3: Tiempo de frenado

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

3.1.5 Análisis estadístico del tiempo de frenado

En la gráfica 2-3 se evidencia valores que permiten identificar el tiempo mínimo y máximo de frenado, el cual se corrobora con los resultados obtenidos según (Sánchez et al., 2019), donde con un peso de 980Kg se tiene un tiempo de frenado de 4.2 segundos a una velocidad de 75Km/h, el cual se relaciona positivamente con los valores obtenidos en la figura 2-3, ya que se tiene un peso menor de 565Kg tiene un tiempo de frenado media de 2.06 segundos, a una velocidad de 35Km/h.

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3
Tiempo de frenado (s)	6	0	2,062	0,180	0,441	1,472	1,649	2,062	2,475
Variable	Máximo								
Tiempo de frenado (s)	2,652								

Gráfico 2-3: Análisis estadístico del tiempo de frenado

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

3.2 Análisis del tren de potencia del VE

3.2.1 Recolección de datos de las Rutas de Conducción

En las tablas 2-3, 3-3 y 4-3 consta la recolección de datos mediante el DATALOG el cual envía datos de voltaje, intensidad y vibración, en las tablas se presentan datos con la media de 10 agrupaciones tomadas secuencialmente para evitar colocar la agrupación completa de datos que proporciona el DATALOG, que ascienden a más de 5000 datos.

3.2.2 Ruta de conducción 1

Tabla 2-3: Valores agrupados de la ruta de conducción 1

	Agrupación	Voltaje	Intensidad	Vibración	V mínimo	Delta de v	%SOC
Ruta 1	1	70.386	11.511	9.366	38	32.386	89%
	2	65.020	11.249	9.476	38	27.020	74%
	3	57.165	11.898	9.325	38	19.165	53%
	4	51.288	9.844	9.382	38	13.288	36%
	5	50.949	6.712	9.136	38	12.949	35%
	6	47.814	5.893	9.094	38	9.814	27%
	7	50.420	3.056	8.945	38	12.420	34%
	8	47.912	8.017	9.107	38	9.912	27%
	9	40.690	8.186	9.274	38	2.690	7%
	10	39.903	3.445	9.043	38	1.903	5%

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

3.2.3 Ruta de conducción 2

Tabla 3-3: Valores agrupados de la ruta de conducción 2

	Agrupación	Voltaje	Intensidad	Vibración	V mínimo	Delta de v	%SOC
Ruta 2	1	73.147	8.632	9.320	38	35.147	96%
	2	70.814	11.075	9.541	38	32.814	90%
	3	69.601	11.632	9.515	38	31.601	87%
	4	63.101	12.144	9.420	38	25.101	69%
	5	65.823	15.958	9.502	38	27.823	76%
	6	65.363	9.893	9.402	38	27.363	75%
	7	65.275	7.206	9.441	38	27.275	75%
	8	62.181	11.969	9.587	38	24.181	66%
	9	59.376	11.805	9.367	38	21.376	59%
	10	56.379	13.060	9.547	38	18.379	50%

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

3.2.4 Ruta de conducción 3

Tabla 4-3: Valores agrupados de la ruta de conducción 3

	Agrupación	Voltaje	Intensidad	Vibración	V mínimo	Delta de v	%SOC
Ruta 3	1	67.779	10.048	9.627	38	29.779	82%
	2	64.777	7.400	9.773	38	26.777	73%
	3	62.542	12.045	10.191	38	24.542	67%
	4	59.466	8.316	9.348	38	21.466	59%
	5	60.308	2.799	9.118	38	22.308	61%
	6	55.942	10.166	8.869	38	17.942	49%
	7	52.667	7.227	9.084	38	14.667	40%
	8	49.213	8.267	9.255	38	11.213	31%
	9	49.189	2.219	9.794	38	11.189	31%
	10	46.579	9.933	9.539	38	7.579	21%

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

3.2.5 Análisis de datos en tiempo real

La batería es una combinación de varias piezas de células que se utilizan para transformar la energía química en energía eléctrica utilizada en los vehículos de motor. Las baterías se utilizan continuamente, se encogen y caen, por lo que es necesario recargarlas. Para conocer el estado de caída de voltaje de la batería se experimentó la necesidad de realizar una medición para determinar la capacidad de la batería. La herramienta de monitoreo de descarga de las baterías de fabricación de diseño consta de un circuito divisor de voltaje para conocer el voltaje de la batería grande en forma de porcentaje. También se utilizó un sensor de corriente para detectar la corriente de descarga y se utilizó el polo negativo de la batería para censar el voltaje de descarga. El sistema de control utilizado es el microcontrolador Arduino MEGA y una pantalla LCD para mostrar los datos de medición. En este caso, el circuito de alimentación sirve para reducir el voltaje y rectificarlo en voltaje CC (Putri y Sasmoko, 2016).

3.2.6 Análisis de Voltaje de la Ruta de Conducción 1

La gráfica 3-3, 4-3 y 5-3 muestra el voltaje en tiempo real de acuerdo con el recorrido de la ruta de conducción, se observa el gran número de datos que se pudo recopilar en las tres rutas de conducción, en la ruta uno se obtuvo un aproximado de 5150 datos, en la ruta número 2 se obtuvo un aproximado de 1335 datos y finalmente en la ruta de conducción 3 se obtuvo un total de 2500 datos.

En la gráfica 3-3 se analizan valores de voltaje en todo el recorrido de la ruta de conducción 1 inicia con un valor máximo de 75.72V, y un valor mínimo de 38V presentándose variaciones y descensos muy acelerados del voltaje, esto se ocasiona por el hecho de tener una ruta de

conducción con pendientes positivas de más 5%, y un recorrido más extenso que comprende una distancia de 5.2Km.

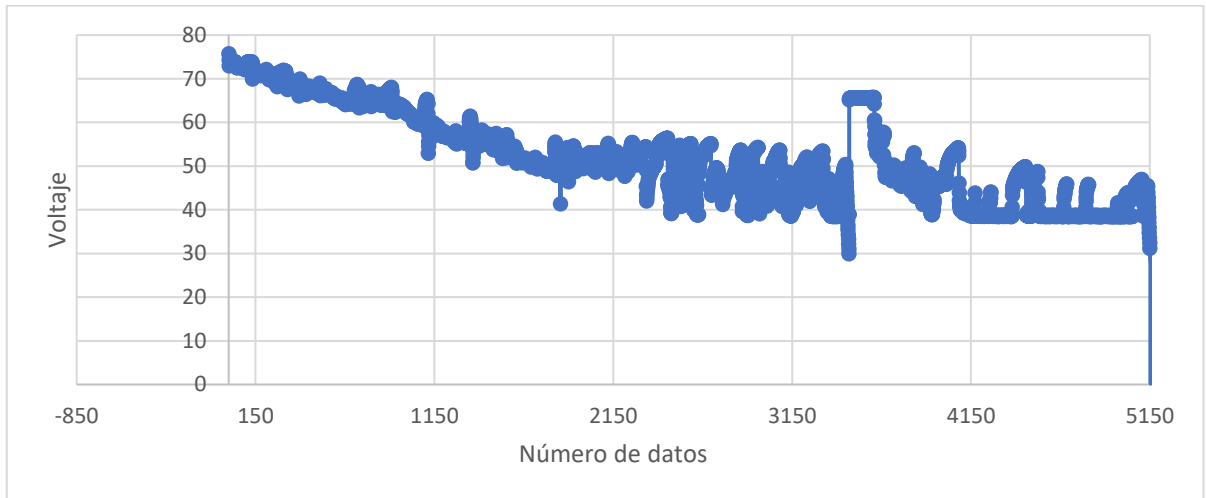


Gráfico 3-3: Voltaje en tiempo real Ruta 1

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

3.2.7 *Análisis de Voltaje de la ruta de conducción 2*

En la gráfica 4-3 se analizan valores de voltaje en todo el recorrido de la ruta de conducción 2 inicia con un valor máximo de 75.72V y un valor mínimo de 56.37V, en esta ruta de conducción se observa como existen menos exigencias del voltaje por parte del motor, ya que el recorrido comprende una distancia de 1.4Km y no existen pendientes positivas en exceso más que en el tramo 1 de la ruta, y sus pendientes no superan el 3%.

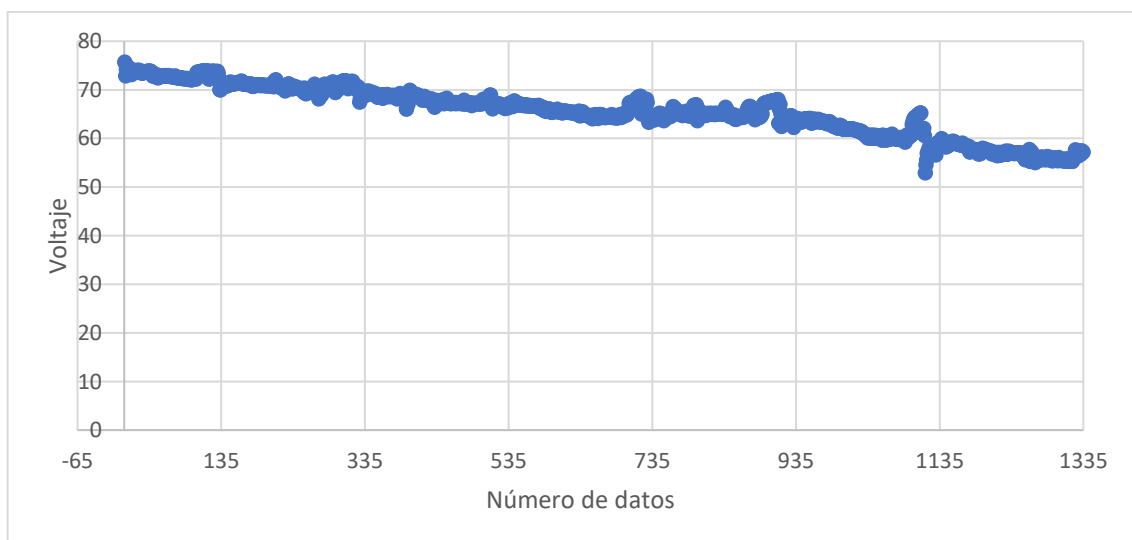


Gráfico 4-3: Voltaje en tiempo real Ruta 2

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

3.2.8 *Análisis de Voltaje de la ruta de conducción 3*

La gráfica 5-3 se analizan valores de voltaje en todo el recorrido de la ruta de conducción 3 inicia con un valor máximo de 67.779V y un valor mínimo de 46.57V, en la gráfica no se observan valores de descarga bruscos, así mismo se visualiza en ciertos puntos que el descenso del voltaje es mayor que en otros, esto se presenta por exigirle más al motor ya que por tener un recorrido plano y sin obstáculos de aproximadamente 600m se permitió la aceleración mayor del VE.

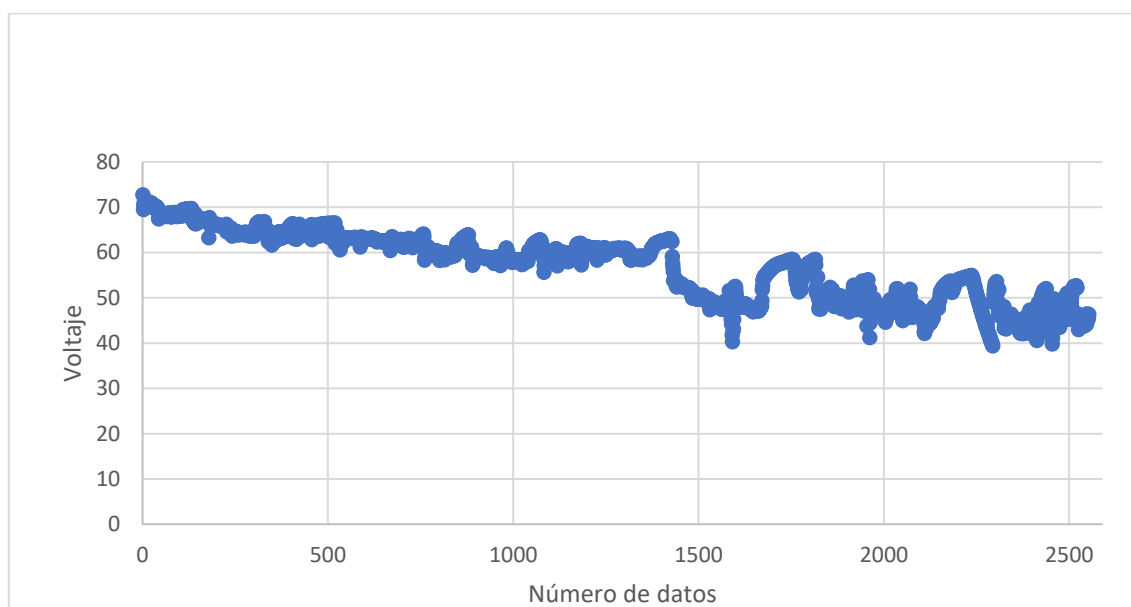


Gráfico 5-3: Voltaje en tiempo real Ruta 3

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

3.2.9 *Análisis de Corriente de la ruta de conducción 1*

En la graficas 6-3, 7-3 y 8-3 se presentan la intensidad de las tres rutas de conducción en función del número de datos proporcionados en cada ruta.

En la gráfica 9-3 se analizan datos de intensidad en tiempo real de la ruta de conducción 1, en la presente gráfica se trabajó con todos los datos obtenidos de la ruta de conducción completa, es por ello que encontramos picos altos de corriente que hacen referencia a las pendientes de más de 5% de inclinación, además de tener en cuenta que en la ruta de conducción se presentan rompe velocidades, en las cuales se debe otorgar mayor corriente al motor para que logre vencer los obstáculos, es por esa razón que encontramos una variación y picos altos de corriente en ciertos tramos de las rutas, se obtiene valores máximos de 66.27A, lo cual corrobora lo analizado y propuesto en la ruta de conducción, además de mediante estos valores entender el porqué de la disminución de la autonomía en cada ruta de conducción.

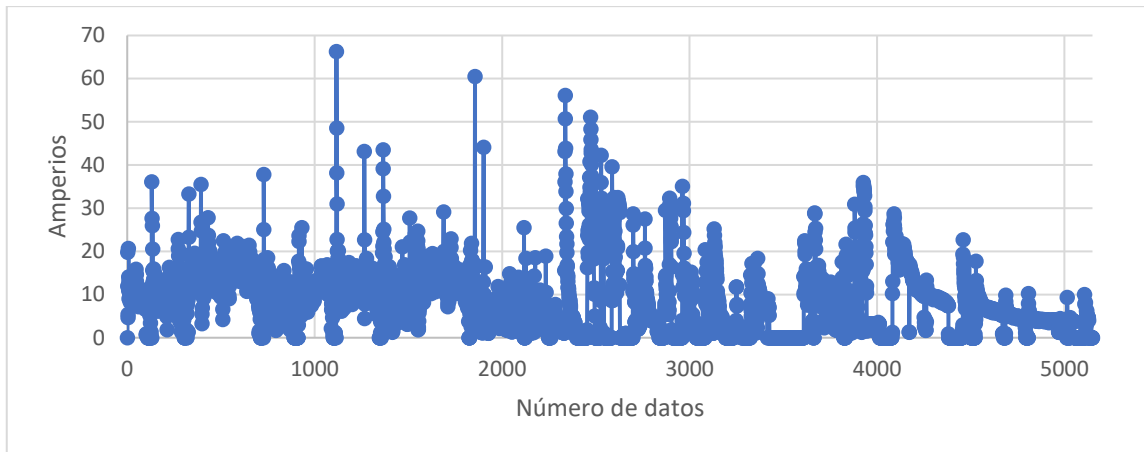


Gráfico 6-3: Intensidad en tiempo real Ruta 1

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

3.2.10 *Análisis de Corriente de la ruta de conducción 2*

En la gráfica 7-3 se analizan datos de intensidad en tiempo real de la ruta de conducción 2, en la presente gráfica se trabajó con todos los datos obtenidos de la ruta de conducción completa, de igual manera encontramos picos de corriente altos, los cuales corroboran que existen irregularidades en el trayecto, lo que ocasiona que se deje de acelerar para disminuir la velocidad y pasar un obstáculo, estos pueden ser como ya se mencionó, irregularidades en el trayecto, y con mayor certeza hacen referencia a los rompe velocidades presentes en todo el trayecto, es por esa razón que encontramos una variación y picos altos de corriente en ciertos tramos de las rutas, se obtiene valores máximos de 66.27A, lo cual corrobora lo analizado y propuesto en la ruta de conducción, de esta forma se entiende el porqué de la reducción de autonomía y permite mediante estos resultados el desarrollar más el VE, o realizar aceleraciones más largas por las condiciones de la ruta.

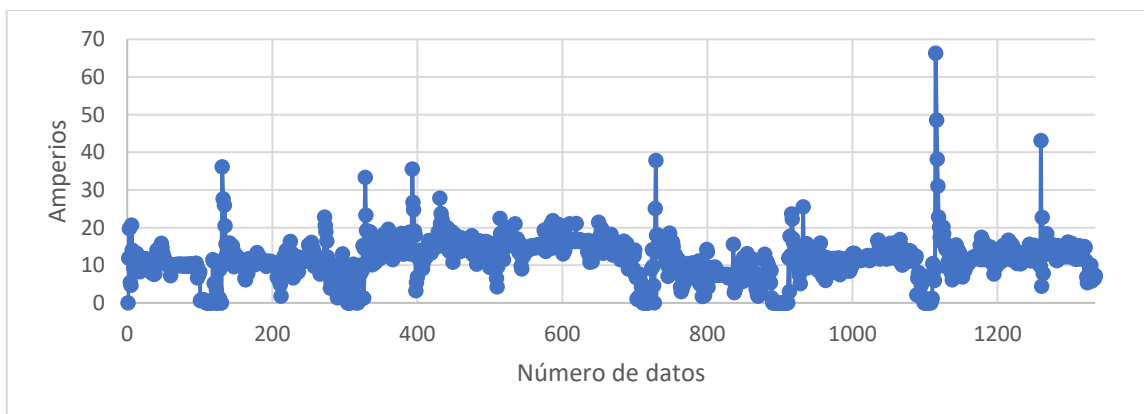


Gráfico 7-3: Intensidad en tiempo real Ruta 2

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

3.2.11 Análisis de Corriente de la ruta de conducción 3

En la gráfica 8-3 se analizan datos de intensidad en tiempo real de la ruta de conducción 3, en la presente gráfica se trabajó con todos los datos obtenidos de la ruta de conducción la cual alcanza los 2500 datos, es por ello que encontramos picos altos de corriente que hacen referencia a las pendientes de más de 3% de inclinación, además de tener en cuenta que en la ruta de conducción se presentan rompe velocidades, en las cuales se debe otorgar mayor corriente al motor para que logre vencer los obstáculos, es por esa razón que encontramos una variación y picos altos de corriente en ciertos tramos de las rutas, se obtiene valores máximos de 63.43A en los cuales se le exigía mucho a la batería por parte del controlador para satisfacer la eficiencia del motor, y había valores de 0 amperios en donde no había la necesidad de acelerar ya que se aprovechaba las pendientes negativas. Por lo cual corrobora lo analizado y propuesto en la ruta de conducción, además de mediante estos valores entender el porqué de la disminución de la autonomía en esta ruta de condición.

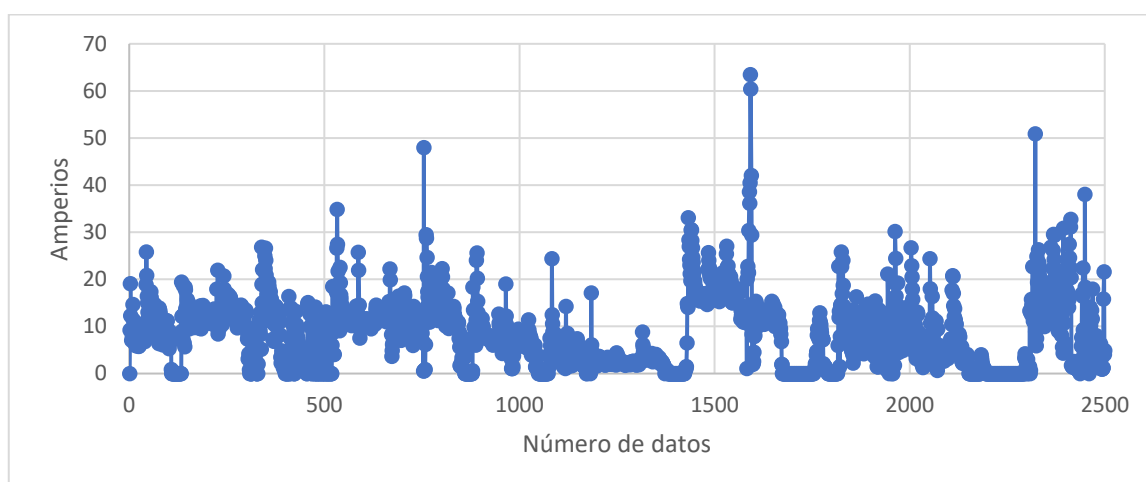


Gráfico 8-3: Intensidad en tiempo real Ruta 3

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

3.2.12 Análisis de la Potencia Consumida de la ruta de conducción 1

En las gráficas 9-3,10-3 y 11-3 se muestra la potencia consumida en tiempo real en las tres rutas de conducción, esta grafica es directamente proporcional a la gráfica de la intensidad en tiempo real.

La potencia consumida en la ruta de conducción 1 es directamente proporcional a la intensidad en la ruta de conducción 1 ya que para la obtención de la misma se necesita la potencia de la batería y la intensidad consumida real en cada punto, se obtiene potencias máximas de 4725.535 watt por un instante de tiempo este punto es el de mayor exigencia en toda la ruta de conducción mientras que el valor mínimo es de 0 watt en este punto es cuando no se acelera el vehículo ya que se aprovecha las pendientes negativas.

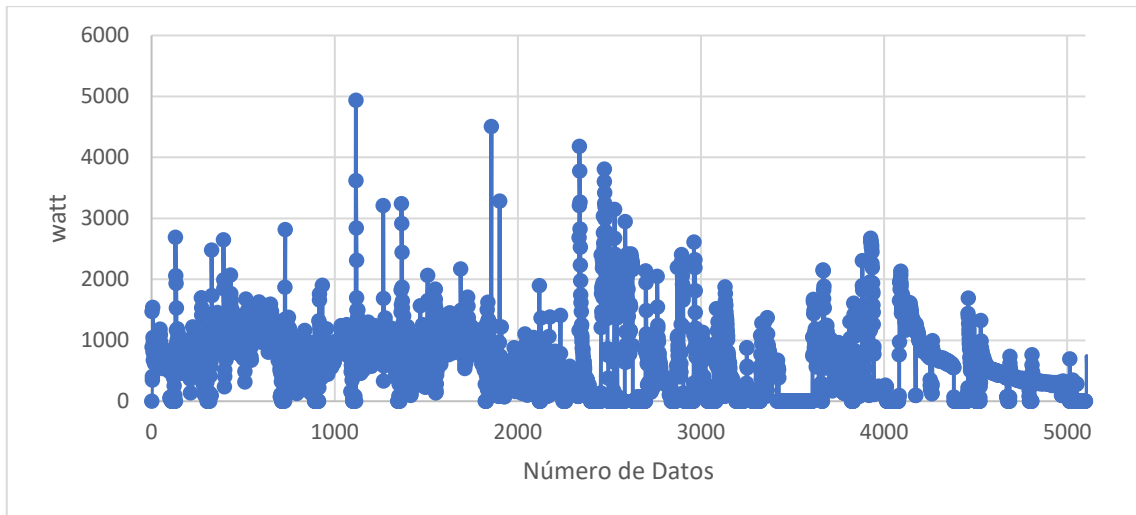


Gráfico 9-3: Potencia consumida en tiempo real Ruta 1

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

3.2.13 Análisis de Potencia Consumida de la ruta de conducción 2

En la gráfica 10-3 la cual es la gráfica de la potencia consumida de la ruta 2 se tiene una mejor visualización debido a que esta ruta contiene un total de 1335 datos, de la misma forma la potencia consumida de la ruta de conducción 2 sera proporcional a la intensidad en la ruta de conduccion 2 debido a que las intenciad es un factor determinante para obtener la potencia consumida, en esta ruta se obtiene una potencia consumida maxima de 4937.115 watt esta potencia se da casi al final de la ruta por la misma razón de que esta ruta se la realizo a un velocidad mayor en comparación a las dos rutas anteriores.

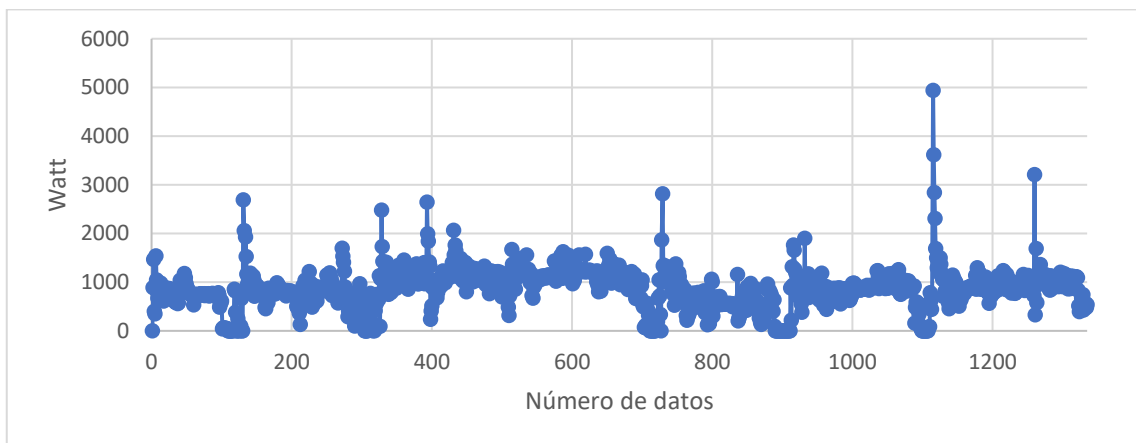


Gráfico 10-3: Potencia consumida en tiempo real Ruta 2

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

3.2.14 Análisis de la Potencia Consumida de la ruta de conducción 3

En la gráfica 11-3 se muestra la potencia consumida de la ruta 3, esta es la ruta intermedia ya que tiene una distancia aproximada de 2 km, en esta ruta no se obtiene pendientes tan pronunciadas

como en la ruta 1, pero si hay puntos en las que se exigió una potencia consumida máxima de 4725.535 esto se da en periodos muy cortos tiempo por lo que no representa un problema para el controlador del motor.

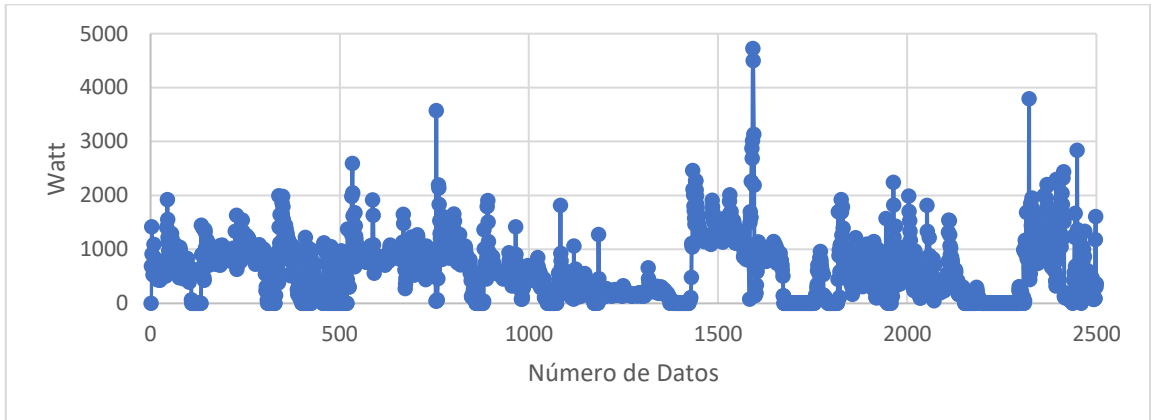


Gráfico 11-3: Potencia consumida en tiempo real Ruta 3

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

3.3 Cálculo de Autonomía para cada ruta de conducción

3.3.1 Cálculo de la autonomía de la ruta de conducción 1

Para el cálculo de la autonomía de la ruta de conducción 1, se utiliza la ecuación 8, 9, y 10 en donde se necesita el voltaje de la batería el cual es de 74.5 V y la intensidad es de 13.2 A, cabe recalcar que se encuentra un valor de autonomía por cada dato de intensidad tomado segundo a segundo, y se realiza un análisis estadístico para encontrar la media de consumo de corriente de la ruta de conducción 1 el cual en este caso es de 7.971 A, este valor va a ser utilizado para realizar un análisis de autonomía posible para la ruta 1.

La ecuación 8 se la utiliza para encontrar Potencia de la batería.

$$Wb = Vb * Ib \quad (8)$$

$$Wb = 74.5V * 13.2A$$

$$Wb = 983.4 W$$

la ecuación 9 es utilizada para encontrar la potencia consumida, se utiliza el voltaje de la batería y también la intensidad consumida en este caso se obtuvo una intensidad de 7.971 A esta intensidad fue tomada como media de la corriente de la ruta de conducción 1.

$$Wc = Vb * Ic \quad (9)$$

$$Wc = 74.5 * 7.971$$

$$Wc = 593.765 W$$

Para el valor de la autonomía se utiliza la ecuación 10 en donde utilizamos la potencia de batería con la potencia consumida para una potencia de batería de 983.4 y una potencia consumida al romper la inercia de 593.839 W.

$$H = \frac{Wb}{Wc} \quad (10)$$

$$H = \frac{983.4}{593.765}$$

$$H = 1.656 \text{ Horas}$$

De acuerdo con los datos ingresados la autonomía será de 1.656 horas para una condición de manejo estable de 7.971A constantes, y que no varíen, por esta razón este valor se toma como un aproximado de la ruta de conducción.

3.3.2 Cálculo de la autonomía de la ruta de conducción 2

Para el cálculo de la autonomía de la ruta de conducción 1, se utiliza la ecuación 8, 9, y 10 en donde se necesita el voltaje de la batería el cual es de 74.5 V y la intensidad es de 13.2 A, cabe recalcar que se encuentra un valor de autonomía por cada dato de intensidad tomado segundo a segundo, y se realiza un análisis estadístico para encontrar la media de consumo de corriente de la ruta de conducción 1 el cual en este caso es de 11.63 A, este valor va a ser utilizado para realizar un análisis de autonomía posible para la ruta 2.

La ecuación 8 se la utiliza para encontrar Potencia de la batería.

$$Wb = Vb * Ib \quad (8)$$

$$Wb = 74.5V * 13.2A$$

$$Wb = 983.4 W$$

la ecuación 9 es utilizada para encontrar la potencia consumida, se utiliza el voltaje de la batería y también la intensidad consumida en este caso se tiene una intensidad de 11.63 A esta intensidad fue tomada como media de la corriente de la ruta de conducción 2

$$Wc = Vb * Ic \quad (9)$$

$$Wc = 74.5 * 11.337$$

$$Wc = 844.606 W$$

Para el valor de la autonomía se utiliza la ecuación 10 en donde utilizamos la potencia de batería con la potencia consumida para una potencia de batería de 983.4 y una potencia consumida media de 866.435W.

$$H = \frac{Wb}{Wc}$$

$$H = \frac{983.4}{844.606}$$

$$H = 1.164 \text{ Horas}$$

De acuerdo con los datos ingresados se tiene que la autonomía será de 1.13 horas para una condición de manejo estable de 11.63A constantes, y que no varíen, por esta razón este valor se toma como un aproximado para la ruta de conducción 2.

3.3.3 Cálculo de la autonomía de la ruta de conducción 3

Para el cálculo de la autonomía de la ruta de conducción 1, se utiliza la ecuación 8, 9, y 10 en donde se necesita el voltaje de la batería el cual es de 74.5 V y la intensidad es de 13.2 A, cabe recalcar que se encuentra un valor de autonomía por cada dato de intensidad tomado segundo a segundo, y se realiza un análisis estadístico para encontrar la media de consumo de corriente de la ruta de conducción 1 el cual en este caso es de 7.928 A, este valor va a ser utilizado para realizar un análisis de autonomía posible para la ruta 3.

La ecuación 8 se la utiliza para encontrar Potencia de la batería.

$$Wb = Vb * Ib \quad (8)$$

$$Wb = 74.5V * 13.2A$$

$$Wb = 983.4 W$$

la ecuación 9 es utilizada para encontrar la potencia consumida, se utiliza el voltaje de la batería y también la intensidad consumida en este caso se tiene una intensidad de 11.63 A esta intensidad fue tomada como media de la corriente de la ruta de conducción 3

$$Wc = Vb * Ic \quad (9)$$

$$Wc = 74.5 * 7.84$$

$$Wc = 584.08 W$$

Para el valor de la autonomía se utiliza la ecuación 10 en donde utilizamos la potencia de batería con la potencia consumida para una potencia de batería de 983.4 y una potencia consumida al romper la inercia de 590.636 W

$$H = \frac{Wb}{Wc} \quad (10)$$

$$H = \frac{983.4}{584.08}$$

$$H = 1.683 \text{ Horas}$$

De acuerdo con los datos ingresados la autonomía será de 1.664 horas para una condición de manejo estable de 7.938A constantes, y que no varíen, por esta razón este valor se toma como un aproximado para la ruta de conducción 3.

3.4 Análisis comparativos de voltaje, corriente, potencia consumida, autonomía y SOC

3.4.1 Análisis de voltajes en rutas 1, 2 y 3

En la gráfica 12-3 muestra el comportamiento del voltaje en las diferentes rutas de conducción la ruta de conducción 1 al ser la ruta más larga por lo que el voltaje tiende a reducir mucho más que las demás rutas ya que estas son más cortas, la ruta de conducción 2 es la ruta más corta por ende el voltaje al final de la ruta será mayor, la ruta de condición 3 es el intermedio de las tres rutas de conducción por ende se espera que el voltaje al final de la ruta este en la mitad de la ruta 1 y la ruta 2.

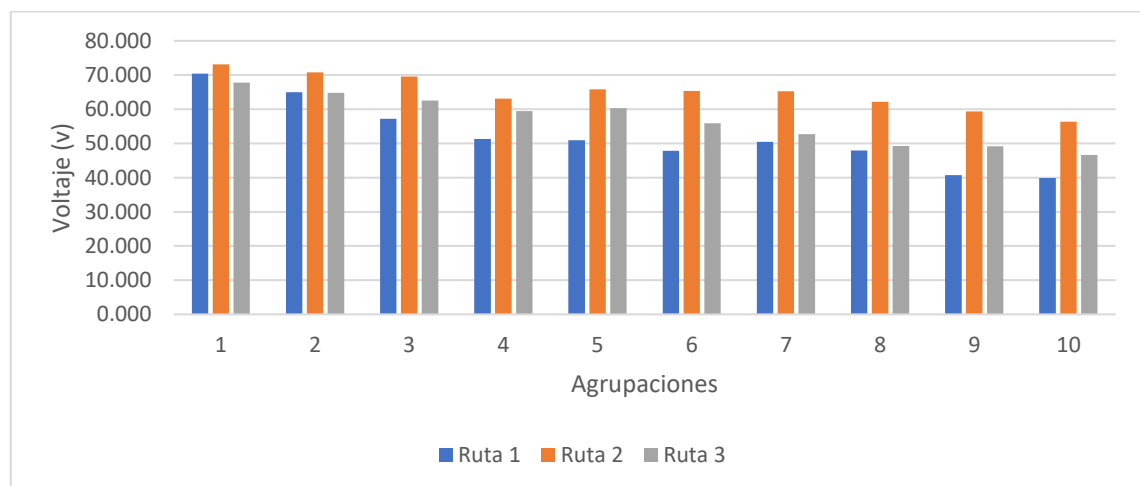


Gráfico 12-3: Voltaje de las agrupaciones.

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

La grafica 13-3 muestra el voltaje en tiempo real de las tres rutas de conducción, el voltaje en las tres rutas tiene un comportamiento descendente debido al consumo de la batería por parte del motor. La ruta 1 al tener una distancia superior el voltaje de la batería disminuye aproximadamente hasta los 39 V, que en la ruta 2 al ser la ruta más corta el voltaje de la batería al final de la ruta es aproximadamente de 52 V finalmente la ruta 3 al ser la ruta intermedia posee una distancia de 2 km y el valor de su voltaje termina cerca de los 42 V.

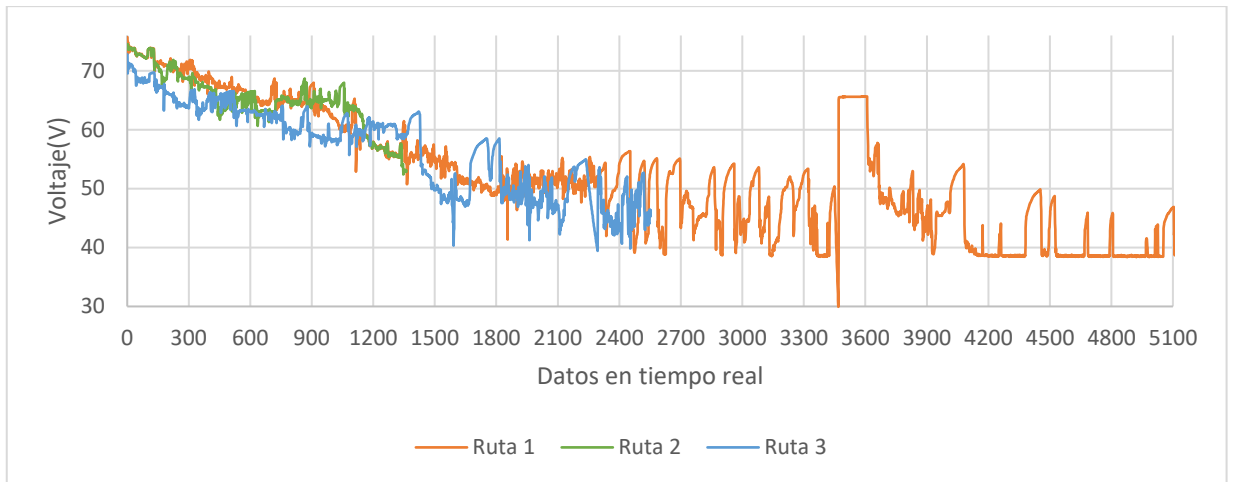


Gráfico 13-3: Voltaje en tiempo real de las agrupaciones.

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

El voltaje de la batería es un indicador del SOC de la misma, en la gráfica 13-3 se detalla el voltaje de la batería durante las rutas de conducción y mientras el recorrido sea mayor el voltaje a la terminación de la ruta será menor esto lo corrobora (Pielecha et al., 2020) en su estudio ya que a medida que la ruta avanza el voltaje disminuye. la ruta 1 al ser la que posea una mayor distancia el voltaje será menor en comparación a la ruta 2 y ruta 3.

3.4.2 Análisis de corriente en rutas 1, 2 y 3

En la gráfica 14-3 muestra la intensidad de las tres rutas de conducción, la ruta de conducción 1 al ser la ruta más extensa se intentó no exigirle mucho a la batería por lo que la intensidad será mejor en comparación a la ruta 2 y 3, la ruta de conducción es la más corta por lo que se realizó la prueba a una velocidad mayor por lo que se exigió un poco más a la batería por ende se tendrá una mayor intensidad en esta ruta, finalmente la ruta 3 es la intermedia por lo que la intensidad en la ruta es muy variante y existe una intensidad mayor en ciertos puntos de aceleración y menor en puntos en los que se circulaba a una velocidad baja.

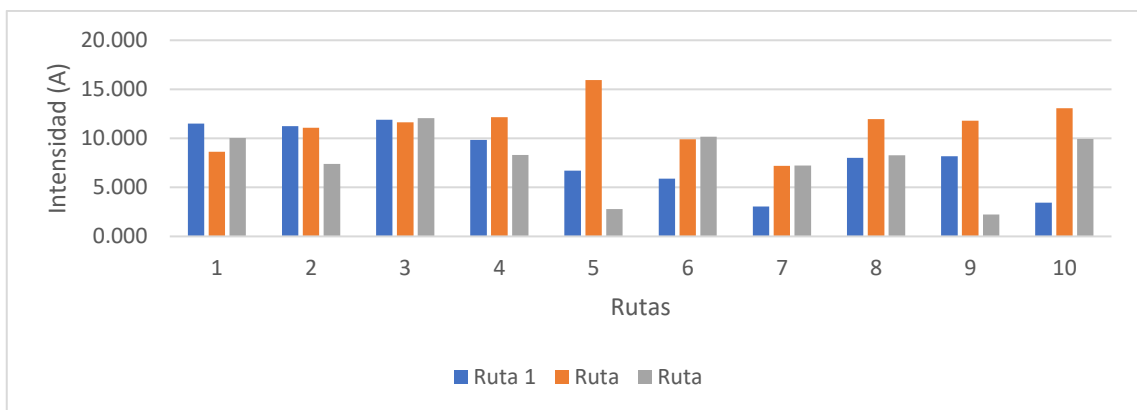


Gráfico 14-3: Intensidad de las agrupaciones.

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

la gráfica 15-3 muestra la diferencia de las intensidades de las tres rutas. Durante el inicio de las rutas de conducción se obtiene un consumo de intensidad similar, pero a medida que se avanza el recorrido en las distintas rutas la intensidad varía debido a la diferencia de las pendientes de cada ruta.

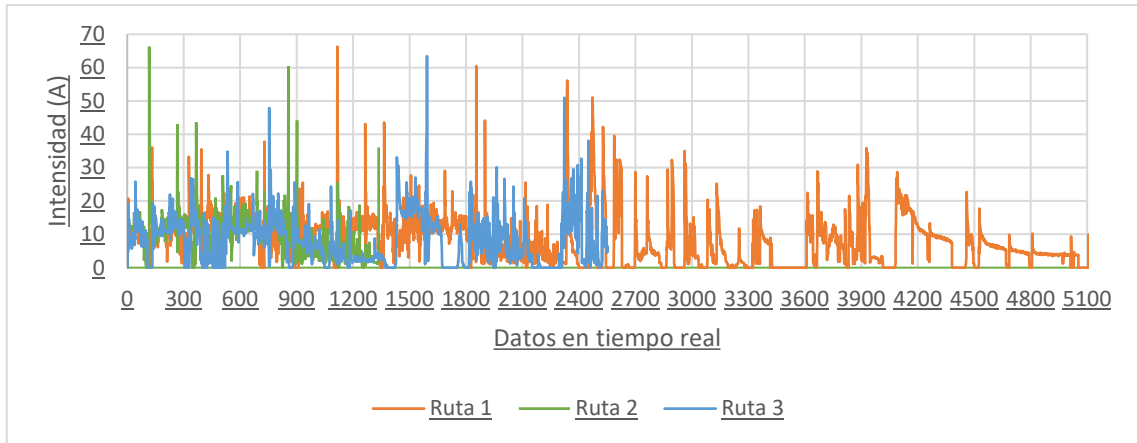


Gráfico 15-3: Intensidad en tiempo real de las agrupaciones.

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

La intensidad mostrada en el grafica 15-3 tiene picos de corriente, pero también tiene corrientes de 0 amperios, la gráfica tiene un comportamiento similar a la gráfica propuesta por (Maldonado-Criado y Fernández-Ramos, 2015) en la cual se visualiza picos de corriente en ciertos puntos y también corrientes de 0 amperios en varios puntos del recorrido.

3.4.3 Análisis de tensión e intensidad en la ruta 1

En la Figura 16-3 se ha representado la tensión de la batería y la corriente que circula por el vehículo en un pequeño tramo para su mejor visualización esto en la ruta de conducción 1. Se puede observar cómo debido a la resistencia interna de la batería, cuando el vehículo demanda más corriente, la tensión en bornes de la batería disminuye en la misma proporción este resultado en el comportamiento de la gráfica con cuenda con los resultados obtenidos (Maldonado-Criado y Fernández-Ramos, 2015) en donde se mantiene este comportamiento en la tensión e intensidad de la batería.

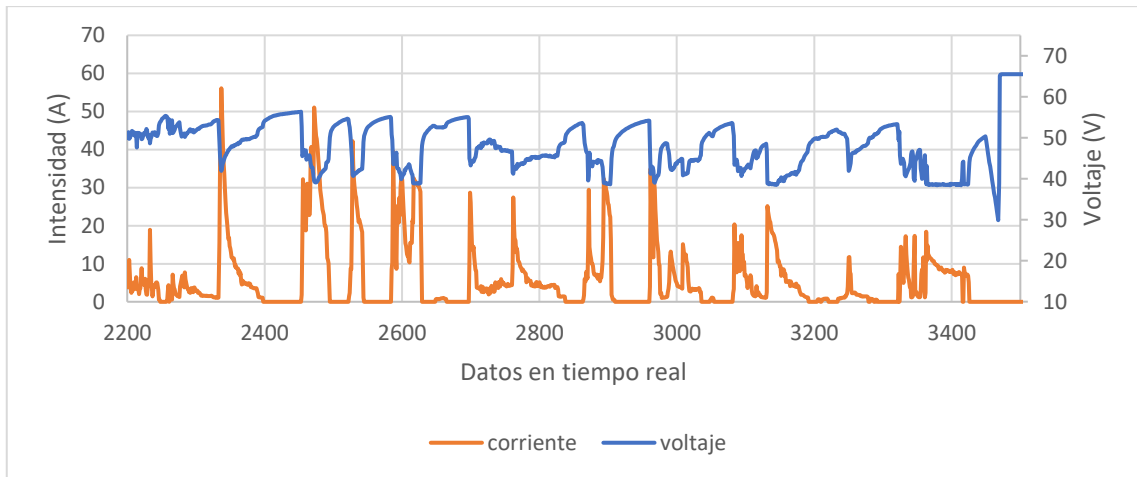


Gráfico 16-3: Comportamiento de la tensión e intensidad en la ruta 1

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

3.4.4 Análisis de tensión e intensidad en la ruta 2

En la figura 17-3 se muestra el comportamiento de la tensión y la intensidad en la ruta de conducción 2 se muestra un tramo pequeño para analizar su comportamiento durante la ruta. El comportamiento es el esperado, si aumentamos la intensidad entonces la tensión de la batería disminuirá, si el valor de la intensidad es alto la tensión de reducción será alta y viceversa.

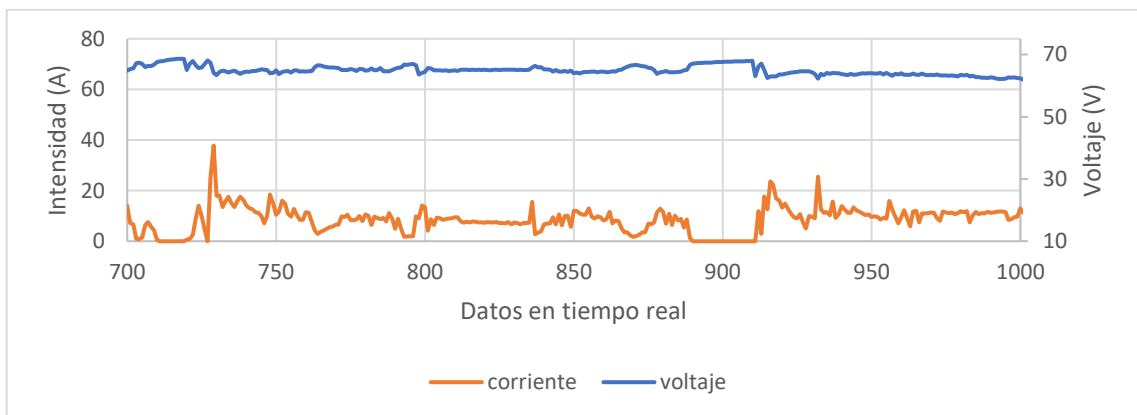


Gráfico 17-3: Comportamiento de la tensión e intensidad en la ruta 2

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

3.4.5 Análisis de tensión e intensidad en la ruta 3

La grafica 18-3 presenta el mismo comportamiento que las gráficas anteriores en donde al aumentar el valor de corriente la tensión de la batería reducirá un porcentaje esto sucede debido a la resistencia interna de la batería

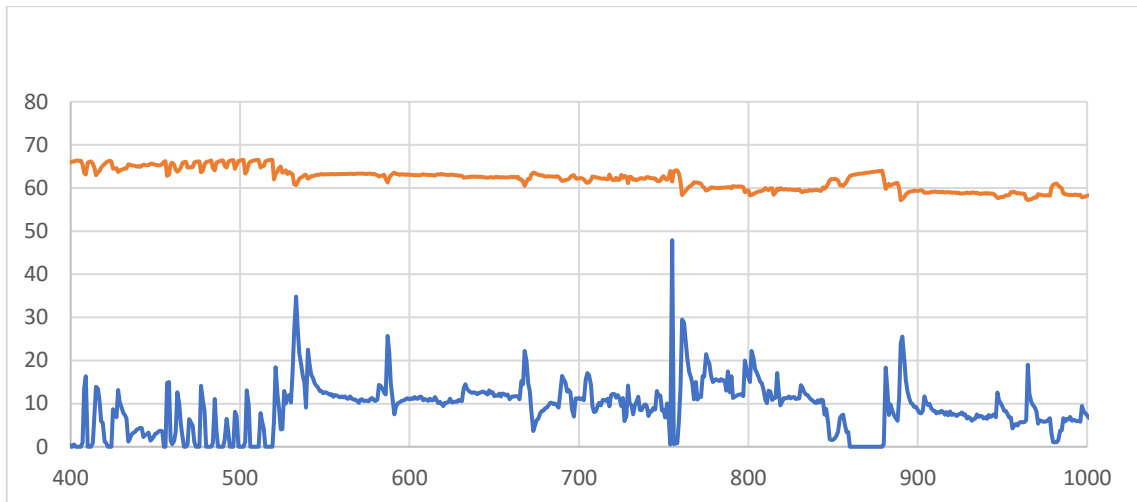


Gráfico 18-3: Comportamiento de la tensión e intensidad en la ruta 3

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

3.4.6 Análisis de Potencia consumida en rutas 1, 2 y 3

En la gráfica 19-3 presentada se muestra la potencia consumida esta potencia es directamente proporcional a la intensidad consumida ya que si la intensidad consumida es mayor existirá una mayor potencia por ende la gráfica de la potencia consumida será similar a la gráfica de la intensidad.

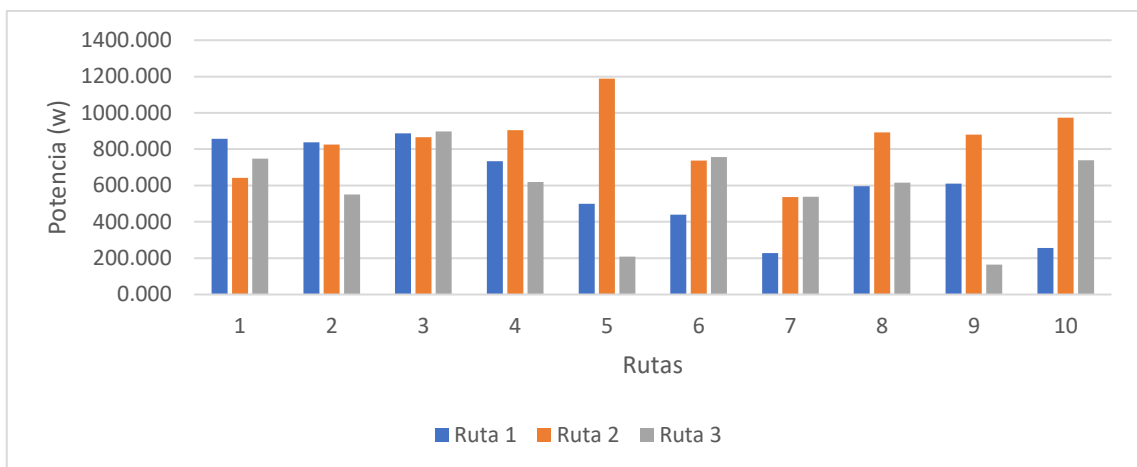


Gráfico 19-3: Potencia consumida de las agrupaciones.

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

La potencia consumida tiene una relación directa con la intensidad ya que, si se consume mayor intensidad se obtendrá mayor potencia, la gráfica 20-3 muestra picos al inicio de la ruta y durante la ruta esto es debido a los rompe velocidades o a una pendiente que superan el 5%.

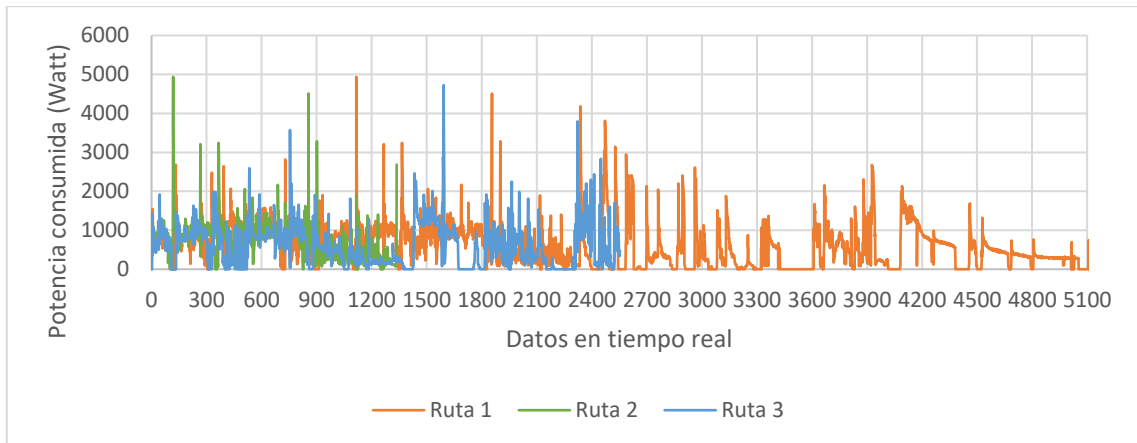


Gráfico 20-3: Potencia en tiempo real de las agrupaciones

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

A partir de los datos representados en la Figura 19-3 se ha calculado la potencia consumida del vehículo obteniendo como resultado la gráfica de potencia de la Figura 20-3. Los picos de potencia se producen al acelerar el vehículo para ponerlo en movimiento. Dado que se tiene como objetivo aumentar la autonomía del VE, una forma de optimización pasa por reducir las aceleraciones bruscas. Otro aspecto con el que se intenta reducir el consumo es aprovechando la inercia del vehículo cuando está en movimiento al aprovechar la inercia del vehículos cuando tener un el consumo de la potencia igual a 0, esto lo corrobora (Maldonado-Criado y Fernández-Ramos, 2015) mostrando un con sumo de 0 cuando el vehículo alcanza su velocidad máxima y cuando se aprovecha la inercia en pendientes negativas.

3.4.7 Análisis de autonomía en rutas 1, 2 y 3

La autonomía en las tres rutas en conducción se presenta en la gráfica 21-3 está grafica es inversamente proporcional a la intensidad consumida, es decir si se consumió mayor intensidad se tendrá una menor autonomía por parte de la batería, en la gráfica se presenta la autonomía en las distintas agrupaciones durante las rutas de conducción.

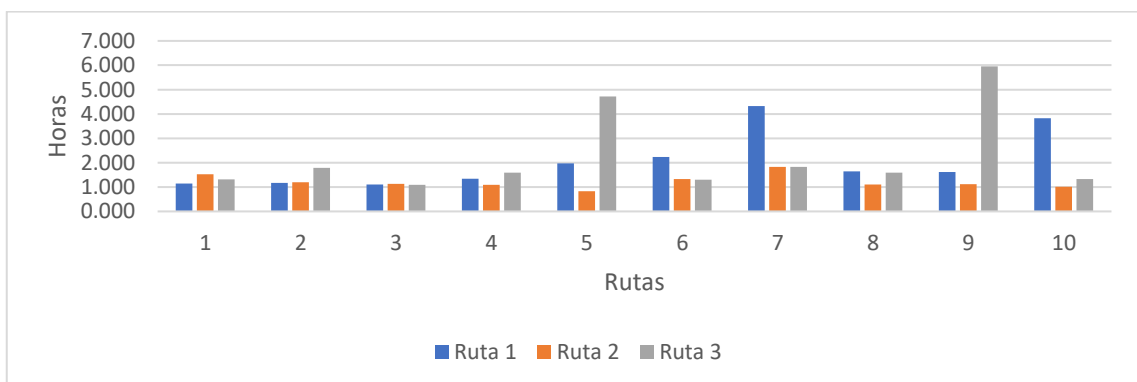


Gráfico 21-3: Autonomía consumida de las agrupaciones.

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

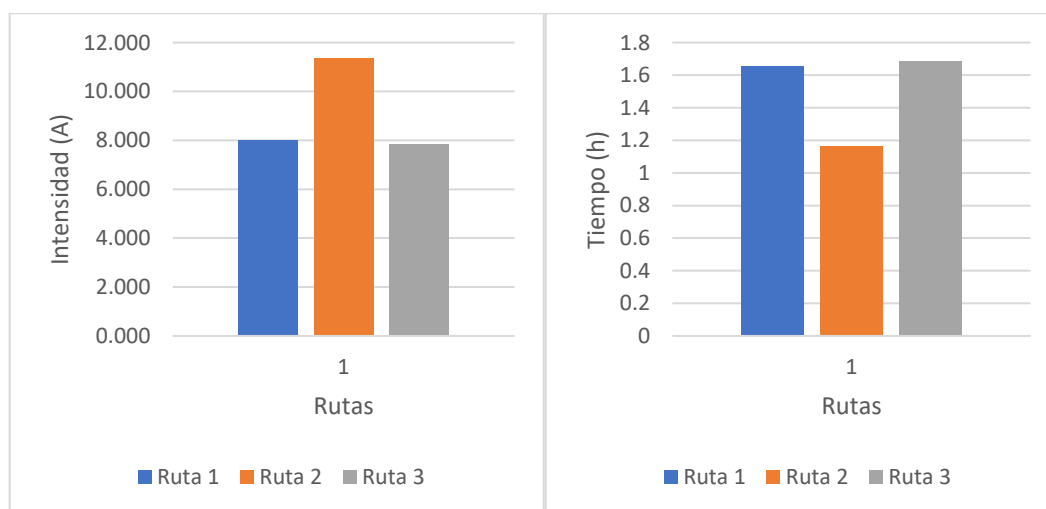
3.4.8 Análisis de la intensidad y autonomía promedio en rutas 1, 2 y 3

En la tabla 5-3 y en la gráfica 19-3 se tiene la intensidad promedio y la autonomía promedio, esta autonomía promedio es inversamente proporcional a la intensidad exigida a la batería. Entonces si realizamos la ruta de conducción 1 a una intensidad promedio de 7.971 Amperios se obtendrá una autonomía de 1.656 horas cabe recalcar que esta ruta se lo realizo a una velocidad baja con el objetivo de extender la autonomía de la batería, Si realizamos la ruta de conducción 2 a una intensidad promedio de 11.334 Amperios se obtendrá una autonomía de 1.164 horas de autonomía se debe recalcar que la intensidad de esta ruta es mayor ya que se le exigió una mayor intensidad a la batería con el objetivo de aumentar la velocidad del prototipo de VE por ende si se conduce en esta ruta de manera cíclica se tendrá un recorrido de 1.164 horas, en la ruta 3 con una intensidad promedio de 7.842 Amperios se obtendrá una autonomía de 1.683 horas se recalca que la velocidad de esta ruta es un promedio de 15 a 20 km/h para aumentar la autonomía.

Tabla 5-3: Comparación de intensidad y autonomía

<i>Media Intensidad (A)</i>	<i>Media de la autonomía (h)</i>
7.971	1.656
11.337	1.164
7.842	1.683

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021



a)

b)

Gráfico 22-3: a) Media de la intensidad en las 3 Rutas b) Autonomía de las 3 Rutas.

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

3.4.9 Análisis de SOC en rutas 1, 2 y 3

El estado de carga de la batería en las tres rutas de conducción se presenta en la gráfica 23-3 como se esperaba que el SOC de la ruta de conducción 1 se tiene un inicio del 89% de la batería y se termina en un 5% esto se debe a que la ruta de conducción es la más larga de las tres rutas, en la ruta de conducción al inicio existe un SOC de 96% y se termina en un SOC de 50% esto se debe a que la ruta 2 es la de menor recorrido y la ruta de conducción 3 que es la de un recorrido intermedio se tuvo SOC de 82% al inicio y al final de la ruta existe un SOC de 24% esto es lógico debido a la ruta de conducción, el SOC de la ruta de conducción 2 será mayor debido a que su distancia de recorrido es menor, el SOC de la ruta de conducción 3 será mayor al SOC de la ruta 1 debido a que esta es más corta con una distancia de 2 km y el SOC de la ruta de conducción 1 será menor a que su distancia es de 5.2 km

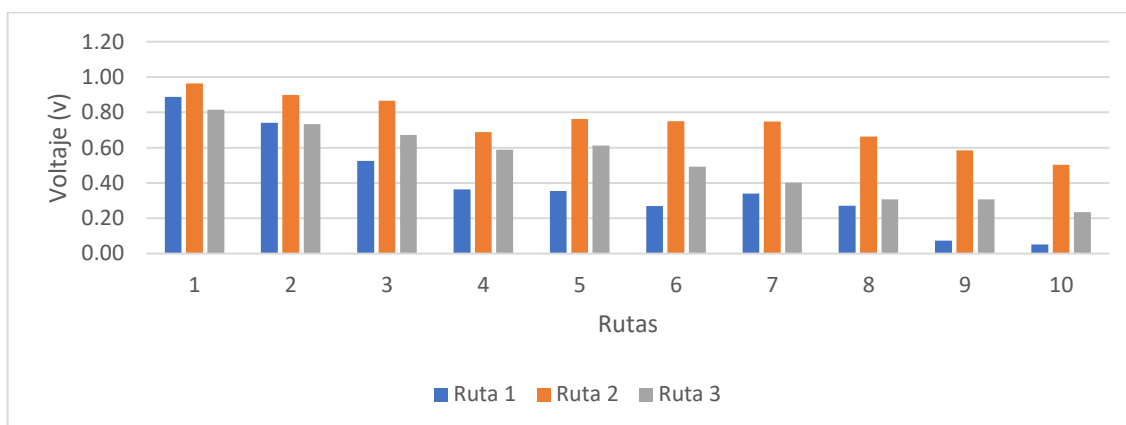


Gráfico 23-3: SOC de las agrupaciones.

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

El SOC en las rutas de son directamente proporcionales al voltaje a durante el recorrido de las rutas de conducción ya establecidas el motor necesita un valor mínimo de 38 V este valor corresponde a un SOC igual a 0 y si tenemos el valor de 74.5 V tendremos un SOC de 100%. Entonces a medida que el voltaje disminuye el SOC también lo hará esto lo corrobora (Pielecha et al., 2020) en donde el SOC de la batería disminuye conforme avanza el recorrido de la ruta. Este valor nunca llega a un SOC de 0 con el objetivo de precautelar la vida útil de estas baterías de Níquel Metal Hidruro.

3.5 Análisis estadístico ANOVA

El análisis ANOVA se lo va a utilizar como una herramienta para analizar y estudiar el efecto o comportamiento de un grupo de datos en relación con uno o más factores, encontramos valores estadísticos que permiten entender el comportamiento de las baterías de su capacidad, de su eficiencia, así como entender al motor eléctrico, y como se transmite su potencia y como está

exige a las baterías más, o menos intensidad de corriente, dependiendo la necesidad en la ruta de conducción dispuesta.

3.5.1 Análisis de voltajes por rutas

Al realizar el análisis del voltaje de descarga de la batería en la gráfica 21-3 se tiene que la tensión en la ruta 1 y 2 y en la ruta 2 y 3 tiene una diferencia significativa en el nivel de voltaje debido a que los bigotes entre la ruta 1 y 2 no se cruzan, lo mismo sucede entre los bigotes de la ruta 2 y 3, pero en la ruta 1 y 3 no existe una diferencia significativa en los niveles de voltaje esto se confirma ya que los bigotes se entrecruzan y anuncia su poca diferencia del voltaje de descarga.

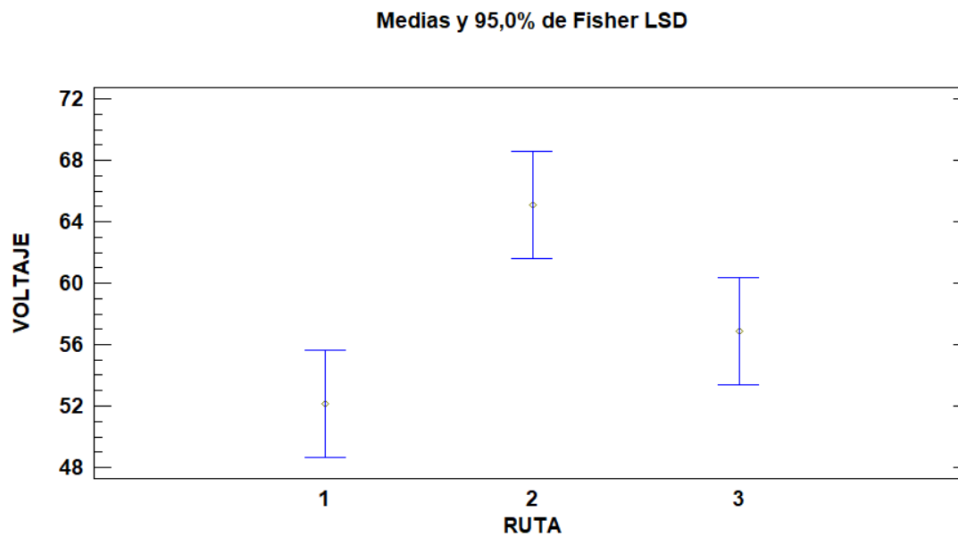


Gráfico 24-3: Medias del voltaje de las rutas.

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

Análisis estadístico del voltaje en las rutas de conducción 1

En la gráfica 25-3 se observa el valor de media de voltaje obtenido en la ruta de conducción 1, se obtiene un valor de media de voltaje de 52.15V, de igual manera se obtiene una caída de tensión hasta 39.90V como tensión mínima y de 70.39V como tensión máxima al iniciar la ruta de conducción.

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
Voltaje_1	10	0	52,15	3,07	9,70	39,90	46,03	50,68	59,13	70,39

Gráfico 25-3: Análisis estadístico voltaje Ruta 1

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

La tensión por ruta tiene rangos de voltaje que varían entre los 70.39 V y los 39.90 V esta variación indica el valor en el cual varia la tensión en todo el recorrido pero a medida que el recorrido avanza la tensión superior disminuye este resultado se corrobora con (Maldonado-Criado y Fernández-Ramos, 2015) en donde el valor de la tensión varía de acuerdo a la distancia de recorrido, aquí se presenta la gráfica que al pasar de los metros de recorrido el valor de la tensión disminuye.

Análisis estadístico del voltaje en la ruta de conducción 2

En la gráfica 26-3 se observa el valor de media de voltaje obtenido en la ruta de conducción 2, se obtiene un valor de media de voltaje de 65.11V, de igual manera se obtiene una caída de tensión hasta 56.38V como tensión mínima y de 73.15V como tensión máxima al iniciar la ruta de conducción.

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
Voltaje_2	10	0	65,11	1,63	5,16	56,38	61,48	65,32	69,90	73,15

Gráfico 26-3: Análisis estadístico voltaje Ruta 2

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

Análisis estadístico del voltaje en la ruta de conducción 3

En la figura 27-3 se observa el valor de media de voltaje obtenido en la ruta de conducción 3, se obtiene un valor medio de voltaje de 56.85V, de igual manera se obtiene una caída de tensión hasta 46.58V como tensión mínima y de 67.78 como tensión máxima al iniciar la ruta de conducción.

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
Voltaje_3	10	0	56,85	2,30	7,26	46,58	49,21	57,70	63,10	67,78

Gráfico 27-3: Análisis estadístico voltaje Ruta 3

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

Tabla ANOVA para voltaje por ruta

En la tabla 6-3 muestra el análisis ANOVA del voltaje se analiza la diferencia significativa presente o no entre rutas de conducción, al tener un valor P menor que 0.05 en este caso de 0.0027 se obtiene que existe una diferencia significativa entre rutas de conducción esto se lo analiza de

la siguiente manera, al tener condiciones de pendientes positivas y negativas en la ruta 1 y al tener un mayor recorrido en la ruta 3 comparado con la ruta 2 se demuestra que es la ruta 2 el que mantiene el voltaje de la batería de mejor manera por sus condiciones de funcionamiento.

Tabla 6-3: Tabla ANOVA para el voltaje

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<i>Entre grupos</i>	859.902	2	429.951	7.44	0.0027
<i>Intra grupos</i>	1560.53	27	577.975		
<i>Total (Corr.)</i>	2420.43	29			

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

3.5.2 Análisis de intensidades por ruta

Como se observa en el gráfico 28-3 de medias observamos las distintas varianzas de intensidades en las distintas rutas de conducción, como se muestra existe un menor consumo de corriente en la ruta 3 por el factor de tener pendientes máximas de 5%, para entender de mejor manera la intensidad de la ruta 2 se debe verificar la distancia de la ruta de conducción así como la topografía del trayecto, el cual permitió un mayor consumo de corriente puesto que no se tiene pendientes positivas en la ruta de conducción, a diferencia de compararla con la ruta 1 que cuenta con pendientes mayores al 5%, se puede corroborar estos resultados con el diagrama de medias presentado a continuación.

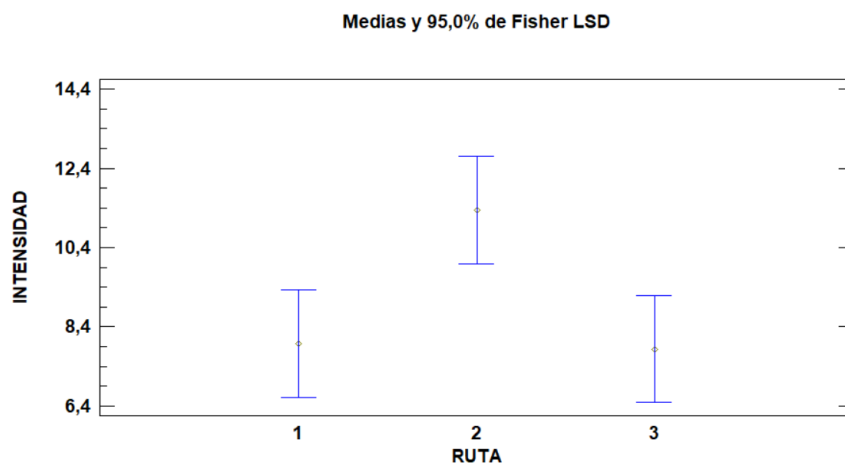


Gráfico 28-3: Medias de la corriente de las rutas

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

Análisis estadístico de la corriente en la ruta de conducción 1

En la gráfica 29-3 se observa el valor de media de corriente obtenido en la ruta de conducción 1, se obtiene un valor de medio de corriente de 7.98A, de igual manera se obtiene un aumento de

intensidad dependiendo la ruta de conducción de 11.90A como máximo en esta ruta de conducción, y un mínimo de consumo de corriente de 3.06A en los tramos de menos exigencia.

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
Intensidad_1	10	0	7,98	1,02	3,21	3,06	5,28	8,10	11,31	11,90

Gráfico 29-3: Análisis estadístico corriente Ruta 1

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

La ruta de conducción 1 posee pendientes más pronunciadas que la otras rutas por lo que el consumo de corriente será mayor en estos puntos por valores picos de corrientes de 11,90 A, durante la ruta se intentó mantener la velocidad del vehículo a una velocidad constante de 20 km/h, al mantener una velocidad baja la intensidad de que provee a la batería será menor a comparación de la ruta 2 el cual se le realizo a una velocidad de 40km/h en la cual se supera este valor de corriente. Este valor se corrobora con (Maldonado-Criado y Fernández-Ramos, 2015) en donde con un vehículo que pesa 100kg circula a un velocidad de 27 km/h hay un consumo de 16 A. esto demuestra que al aumentar la velocidad se tendrá un mayor consumo de corriente.

Análisis estadístico de la corriente en la ruta de conducción 2

En la gráfica 30-3 se observa el valor de media de corriente obtenido en la ruta de conducción 2, se obtiene un valor de medio de corriente de 11.33A, de igual manera se obtiene un aumento de intensidad dependiendo la ruta de conducción de 15.95A como máximo en esta ruta de conducción, y un mínimo de consumo de corriente de 7.20A en los tramos de menos exigencia, al analizar los datos se encontró que esta ruta de conducción permite una mayor aceleración y por consiguiente conducir a mayor velocidad el VE.

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
Intensidad_2	10	0	11,337	0,762	2,409	7,206	9,578	11,719	12,373	15,958

Gráfico 30-3: Análisis estadístico corriente Ruta 2

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

Durante la ruta de conducción 2 se evidenciaron intensidades máximas de 15.958 A debido a que la ruta se lo realizo aun velocidad de aproximada de 30 km/h, cabe recalcar que el VE posee una caja reductora la cual es de mucha ayuda al momento de romper la inercia del vehículo y este resultado que concuerda con (Maldonado-Criado y Fernández-Ramos, 2015) donde obtiene valores de

intensidad máxima de 16 A. Esto a una velocidad de 27 km/h este valor de intensidad lo obtiene en un pico de intensidad y un peso de 100kg.

Análisis estadístico de la corriente en la ruta de conducción 3

En la gráfica 31-3 se observa el valor de media de corriente obtenido en la ruta de conducción 2, se obtiene un valor de medio de corriente de 7.84A, de igual manera se obtiene un aumento de intensidad por condiciones de la ruta de conducción de 12.05A como máximo en esta ruta de conducción, y un mínimo de consumo de corriente de 2.22A en los tramos de menos exigencia en la ruta de conducción.

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
Intensidad_3	10	0	7,84	1,00	3,17	2,22	6,12	8,29	10,08	12,05

Gráfico 31-3: Análisis estadístico corriente Ruta 3

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

Este valor de intensidad es similar al obtenido en la ruta de conducción 1, en esta ruta 3 se obtuvo valores de 7.84 A y en la ruta 1 se tuvo valores de 7,98 A. estos valores son parecidos debido a que la ruta 1 y 3 son similares, para la elaboración de la ruta 3 se tomó la ruta 1 pero sin su principal pendiente positiva al eliminar esta pendiente también se reducirá la media del consumo de corriente en esta ruta.

Tabla ANOVA para intensidad por ruta

Según la tabla 7-3 en donde se visualiza el análisis ANOVA, se encuentra con un valor P que determina si existe o no existe una diferencia significativa entre medias de las intensidades por ruta, en las cuales se obtiene un valor P de 0.0207 el cual es menor que 0.05 lo que corrobora que existe una diferencia significativa entre rutas, se tiene un porcentaje de 95% de confiabilidad de estos resultados.

Tabla 7-3: Tabla ANOVA para la intensidad

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	783.397	2	391.699	4.49	0.0207
Intra grupos	235.348	27	871.658		
Total (Corr.)	313.687	29			

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

3.5.3 Análisis de SOC por ruta

En la gráfica 29-3 se obtuvo el análisis del SOC en la ruta 1, 2 y 3. Entre la ruta 1 y 2 existe una diferencia significativa ya que los bigotes de estas rutas no están ni cerca de entrecruzarse, mientras que entre la ruta 2 y 3 si existe una diferencia significativa pero los bigotes están cerca de cruzarse por lo que su diferencia de SOC es un tanto significativa, si analizamos el SOC entre la ruta 1 y 3 existe poca diferencia debido a que los bigotes de se cruzan y afirma la poca diferencia entre las el SOC de las dos rutas.

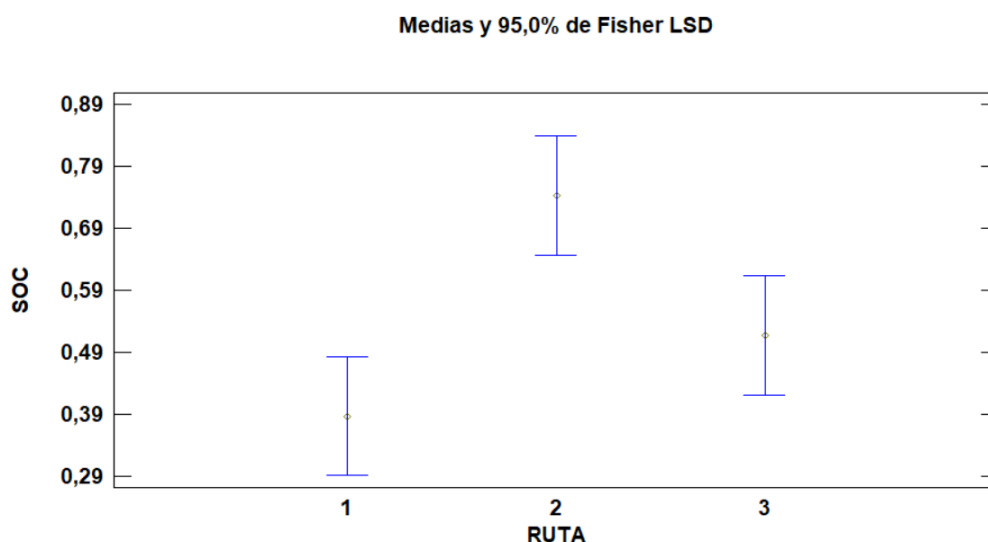


Gráfico 32-3: Gráfico de medias del SOC por rutas

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

Análisis estadístico del SOC en la ruta de conducción 1

En la gráfica 33-3 se observa el valor de media de SOC obtenido en la ruta de conducción 1, se obtiene un valor de media de estado de carga de 38.78%, de igual manera se obtiene una caída de carga hasta 0% como estado de carga mínimo y de 88.73% como tensión máxima al iniciar la ruta de conducción.

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
%SOC_1	10	0	0,3878	0,0840	0,2657	0,0521	0,2201	0,3475	0,5789	0,8873

Gráfico 33-3: Análisis estadístico SOC Ruta 1

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

Análisis estadístico del SOC en la ruta de conducción 2

En la gráfica 34-3 se observa el valor de media de SOC obtenido en la ruta de conducción 2, se obtiene un valor de medio de estado de carga de 74.26%, de igual manera se obtiene una caída de

carga hasta 50.35% como estado de carga mínimo y de 96.29% como tensión máxima al iniciar la ruta de conducción.

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
%SOC_2	10	0	0,7426	0,0447	0,1414	0,5035	0,6433	0,7485	0,8741	0,9629

Gráfico 34-3: Análisis estadístico SOC Ruta 2

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

Análisis estadístico del SOC en la ruta de conducción 3

En la gráfica 35-3 se observa el valor de media de SOC obtenido en la ruta de conducción 3, se obtiene un valor de medio de estado de carga de 51.63%, de igual manera se obtiene una caída de carga hasta 23.50% como estado de carga mínimo y de 81.59% como tensión máxima al iniciar la ruta de conducción.

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
%SOC_3	10	0	0,5163	0,0629	0,1989	0,2350	0,3070	0,5398	0,6877	0,8159

Gráfico 35-3: Análisis estadístico SOC Ruta 3

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

Tabla ANOVA de medias para el SOC por ruta

La tabla 8-3 indica la relación de la varianza de la entre grupos y dentro del grupo, el valor P que es de 0.048 indica que hay una diferencia significativa entre los SOC de las rutas de conducción al ser menor a 0.05.

Tabla 8-3: Tabla ANOVA para el voltaje

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.358704	2	0.179	3.41	0.048
Intra grupos	136.719	26	0.052		
Total (Corr.)	17.259	28			

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

3.5.4 Análisis de autonomía por ruta

La autonomía de la batería en cada ruta de conducción es inversamente proporcional a la intensidad de la batería por ruta, si comparamos la autonomía de la ruta 1 y la ruta 2 existe una diferencia un tanto significativa ya que en la gráfica 36-3 los bigotes de las medias se cruzan, la autonomía de la ruta 1 es superior en comparación de la ruta 2 esto se debe a que la ruta 2 al tratarse de una ruta corta y sin pendientes muy pronunciadas se exigió más a la batería para conocer la velocidad máxima la cual obtuvo fue alrededor de los 35km/h, mientras mayor sea la intensidad exigida por la batería se obtendrá menos autonomía por parte de estas. Mientras que la ruta 1 tiene una mayor autonomía debido a que las pruebas se las realizó a una velocidad baja que ronda los 15 km/h por ende no se le exigió en gran medida a la batería y como resultado se obtiene una mayor autonomía. al realizar el análisis entre la ruta 1 y 3 no existe una diferencia significativa ya que la ruta 3 se realizó a una velocidad baja y media que ronda los 22 km/h al recalcar que esta ruta tiene pendientes positivas no muy pronunciadas por ende la ruta 1 y 3 no tiene una diferencia muy significativa en cuanto a la autonomía de la batería.

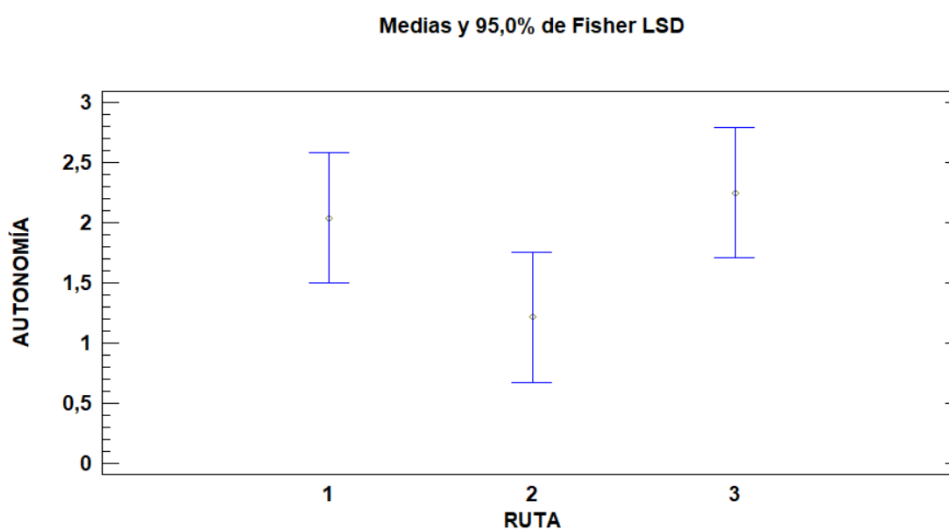


Gráfico 36-3: Medias de la autonomía de las rutas

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

En la gráfica 37-3 se evidencia la autonomía media por cada ruta de conducción, donde al momento de realizar un análisis estadístico se debe interpretar de la siguiente forma, al obtener varios valores de intensidades y muy fluctuantes se delimitan una media de intensidades con las cuales se calcula la autonomía y se obtuvo valores superiores a 2.039 horas para la ruta 1, cabe recalcar que esa autonomía se verá afectada por las condiciones de uso del VE, o en la ruta que se le disponga a trabajar, como se ha visualizado, con terrenos irregulares o terrenos regulares, que modifican estas autonomías.

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
Autonomia_1	10	0	2,039	0,360	1,140	1,109	1,167	1,630	2,638	4,319
Autonomia_2	10	0	1,2168	0,0901	0,2850	0,8272	1,0679	1,1265	1,3830	1,8319
Autonomia_3	10	0	2,250	0,527	1,666	1,096	1,310	1,592	2,549	5,948

Gráfico 37-3: Análisis estadístico de la Autonomía

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

Los resultados de la autonomía mostrados anteriormente, en donde de acuerdo con la intensidad consumida por el motor determina la autonomía que brinda la batería como observamos en la Ruta 3 la cual tiene una intensidad media de 7.848 A y brinda una autonomía de 1.68 Horas resultado son corroborados con (Iclovean et al., 2017) en donde la intensidad promedio de la ruta establece la autonomía en las baterías de níquel Metal-Hidruro.

Tabla ANOVA para autonomía por ruta.

La tabla 9-3 indica la descomposición de la varianza de la autonomía entre rutas y dentro de la ruta de conducción, el valor P es de 0.136 el cual es mayor a 0.05 este valor indica que no existe una diferencia significativa entre las medias de la autonomía en las tres rutas de conducción propuestas.

Tabla 9-3: Tabla ANOVA para el Autonomía

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	595.641	2	297.821	2.15	0.1360
Intra grupos	374.047	27	138.536		
Total (Corr.)	433.611	29			

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

3.5.5 Análisis de Potencia consumida por ruta

Al realizar el análisis de medias de la gráfica 38-3 se determina que existe un valor de potencia más elevado que corresponde a la ruta 2, el mismo que en comparación con la ruta 1 y la ruta 3 demuestra que por tener un recorrido de menor distancia y sin tener pendientes positivas, se permite demandar mayor potencia al motor para que pueda desempeñarse de manera correcta y alcanzar en el motor un desempeño eficiente, es por ello que para los 10 casos analizados se obtiene un valor medio de potencia de 844.629 para la ruta 2, el cual es el mayor valor de potencia de las 3 rutas de conducción.

Medias y 95,0% de Fisher LSD

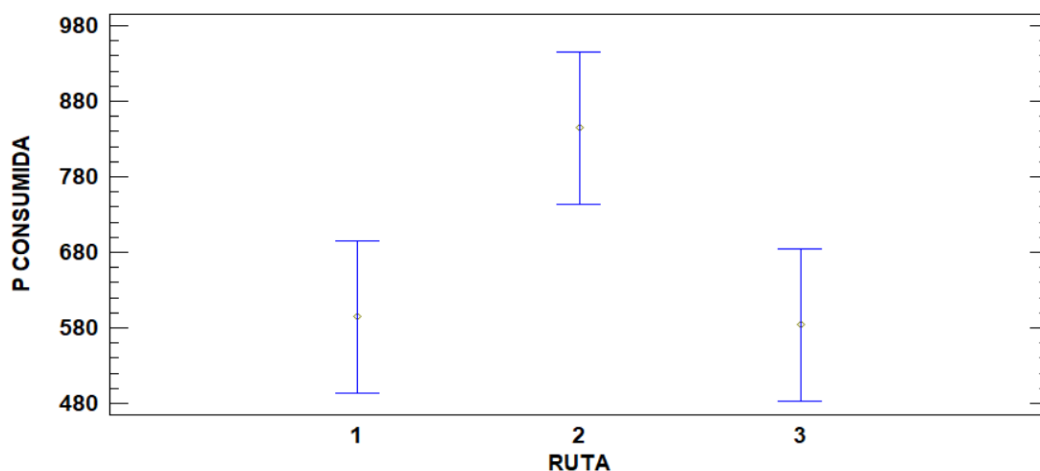


Gráfico 38-3: Medias de la potencia consumida de las rutas

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

Análisis estadístico de la potencia en la ruta de conducción 1, 2 y 3.

En la gráfica 39-3 se observa el análisis estadístico de las vibraciones de la ruta de conducción 1, 2 y 3, donde se evidencia la media obtenida de cada una de las rutas, donde se tiene que en la ruta 2 se presenta el mayor desarrollo de potencia o el mayor consumo de potencia, por las condiciones de la ruta dispuesta, y por la permisibilidad de otorgar mayor corriente y velocidad al VE.

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
P Consumida_1	10	0	594,6	75,6	239,2	227,7	393,4	603,5	842,9	886,4
P Consumida_2	10	0	844,6	56,7	179,4	536,8	713,6	873,0	921,8	1188,9
P Consumida_3	10	0	584,2	74,6	236,0	165,3	455,9	617,7	750,8	897,4

Gráfico 39-3: Análisis estadístico SOC Ruta 3

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

Tabla ANOVA para Potencia Consumida por ruta de conducción

En la siguiente tabla 10-3 se obtiene valores que corroboran que existe una diferencia significativa entre la potencia consumida en la ruta 2 en comparación con la ruta 1 y 3, donde no existe una diferencia significativa al momento de analizar los datos obtenidos, es por lo que el valor P, que en este caso es igual a 0.0207 y ser menor que 0.05 corrobora lo planteado y demuestra que existe mayor exigencia al motor en el ruta 2 por tener menos pendientes positivas y menor distancia de recorrido.

Tabla 10-3: Tabla ANOVA para el voltaje

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	434764.000	2	217382.000	4.490	0.0207
Intra grupos	1.31E+11	27	48380.000		
Total (Corr.)	1.74E+11	29			

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

3.6 Análisis de vibraciones en el chasis

3.6.1 Análisis de datos obtenidos por acelerómetro

En la gráfica 40-3 se observa los valores obtenidos como vibraciones en toda la ruta de conducción en la cual se obtiene variaciones de fuerza G que es generalmente confundido con una fuerza, pero de manera más correcta es considerada una aceleración que produce la gravedad de la Tierra, es decir 1 G se considera como 9.80665, así pues se obtuvo una fuerza G para cada punto del recorrido medido segundo a segundo, en el cual encontramos valores de media de 9.214 G, los cuales indican que el recorrido en su mayoría es realizado en un terreno sin irregularidades, pero de igual manera en ciertos puntos encontramos irregularidades como son rompe velocidades o baches en el trayecto.

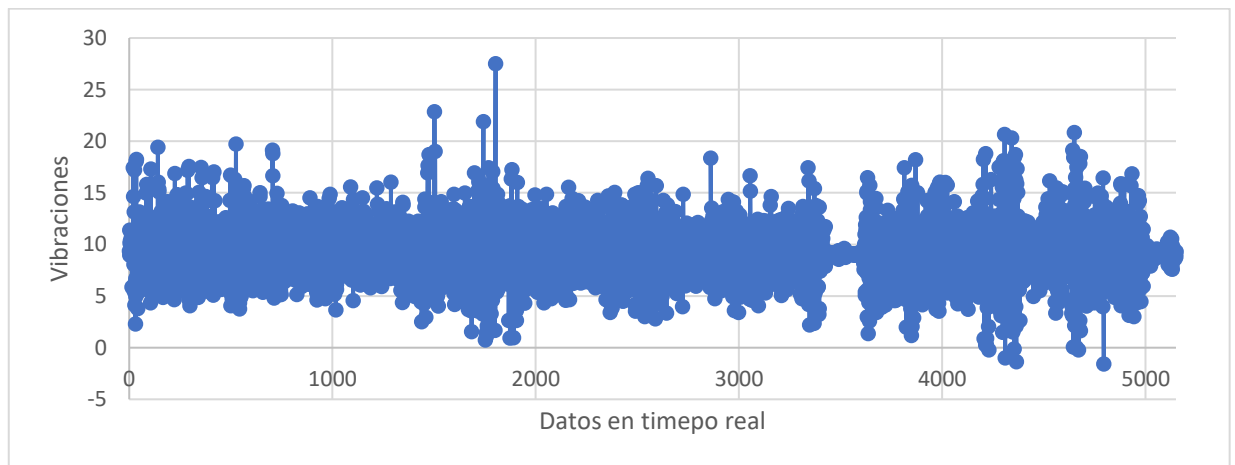


Gráfico 40-3: Vibraciones en tiempo real de la ruta de conducción

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

La gráfica 41-3 muestra las vibraciones en las tres rutas de conducción estos valores están en función de las fuerzas G, 1 fuerza G es igual la gravedad en el planeta esta tiene un valor de 9.81 m/s²

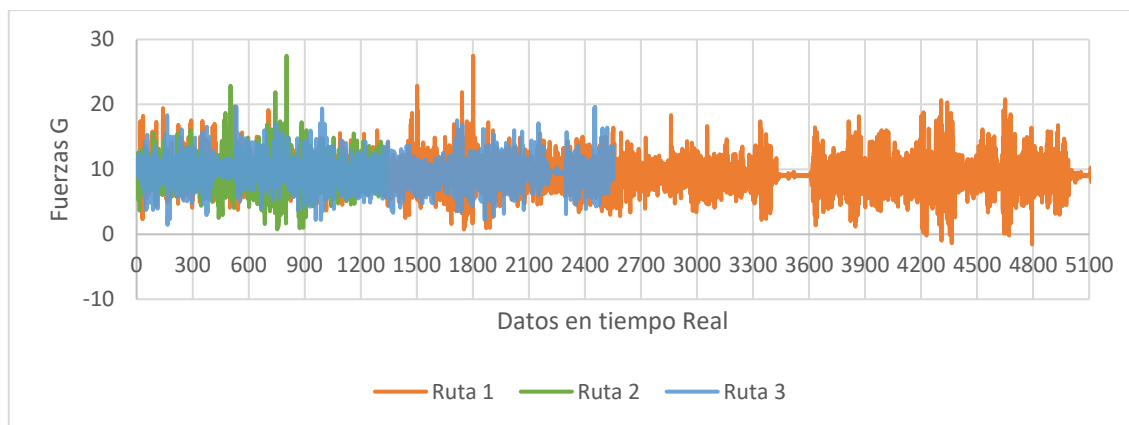


Gráfico 41-3: Vibraciones en tiempo real de las 3 rutas de conducción

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

Las vibraciones presentadas tienen picos de hasta 27.50 aceleraciones, lo cual equivale a una fuerza de 2.803 G. Esto ocurre en pequeños instantes de tiempo, pero no representa un factor determinante en la condición, ya que la media de estas es la que corresponde a una fuerza de 0.939 G. Esta fuerza ocurre en la mayor parte del recorrido, pero al ser similar a uno se concluye que no hay vibraciones bruscas en el trayecto y también da un indicio de que la suspensión cumple con su trabajo de absorber las vibraciones de la ruta.

Análisis estadístico de las vibraciones del chasis.

En la gráfica 42-3 se observa un análisis estadístico para los valores obtenidos de las vibraciones en las rutas de conducción planteadas, los mismos que al analizarlos permiten un entendimiento más claro de lo que sucede en la ruta de conducción, por ejemplo, el tipo de topografía, el tipo de trayecto, si se presentan un terreno regular o irregular, por lo que se obtiene un valor medio de vibraciones de 0.939 G, un valor mínimo de 0.148 G y un valor máximo de vibraciones de 2.803 G. Esta fuerza es en un instante de tiempo por lo que el cuerpo no la nota.

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3
VIBRACIONES 1	5156	0	9,2147	0,0363	2,6057	-1,5700	7,6500	9,0600	10,6700
VIBRACIONES 2	1335	0	9,4317	0,0670	2,4472	2,3100	7,7300	9,2200	10,8300
VIBRACIONES 3	2553	0	9,4553	0,0439	2,2189	1,4500	8,1200	9,4900	10,6300
Variable	Máximo								
VIBRACIONES 1	27,5000								
VIBRACIONES 2	19,7300								
VIBRACIONES 3	19,6900								

Gráfico 42-3: Análisis vibraciones del VE

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

3.6.2 Gráfica de medias para las vibraciones

La gráfica 43-3 que corresponde a las medias de las vibraciones, se obtiene claramente una diferencia significativa entre un terreno regular y un terreno irregular, se ha considerado como terreno irregular a la presencia de baches, obstáculos, rompe velocidades, que ocasionan que la carrocería vibre de manera abrupta, como se puede observar se tiene un pico de vibraciones de 27.50 aceleraciones este dato es recolectado al momento de sobrepasar un rompe velocidades de manera rápida, por lo cual hace que se disparen las vibraciones, cabe recalcar que estas condiciones se presentan en breves segundos y que la carrocería se comporta de manera adecuada ya que regresa a su valor medio de 9.2147 aceleraciones de vibraciones, es decir la suspensión independiente delantera ayuda a que el chasis y carrocería soporten los esfuerzos para los que fueron diseñados, y cumplan con la condición de ruta y con la condición del diseño dispuesto, el cual en comparación con los resultados obtenidos de (Montes de Oca et al, 2017), se corrobora que están diseñados para caminos de primer y segundo orden, así mismo se puede visualizar que los datos se encuentran agrupados en el terreno regular de manera que no existen variaciones significativas es decir si el terreno se mantiene regular, las vibraciones no fluctúan lo que permite demostrar que la suspensión se trabaja correctamente, así mismo en el terreno irregular se puede ver que las fluctuaciones de las vibraciones son más amplias, es decir dependen únicamente de la velocidad con la que se pasen los rompe velocidades en el trayecto o de la velocidad con la que se pase sobre un bache.

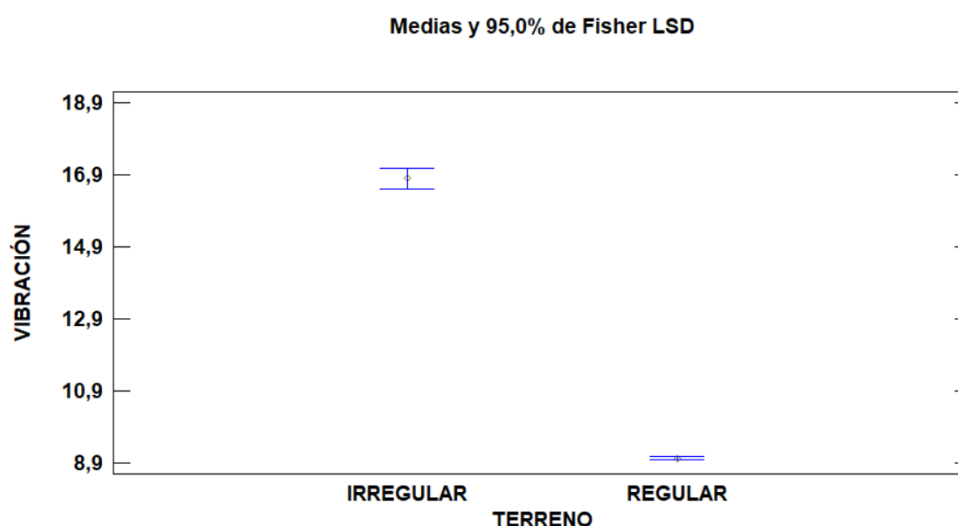


Gráfico 43-3: Análisis vibraciones en factor Terreno

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

En la gráfica 44-3 muestra las vibraciones en terreno regular que sería en donde el vehículo transita de manera normal en vías sin ninguna anomalía en el terreno, también se presenta el terreno irregular en donde se tiene rompe velocidades, huecos, baches, etc. En el terreno regular

la fuerzas G se mantiene normales a una media de 9.06 G aceleraciones esto indica que la suspensión cumple con absorber las vibraciones que produce el movimiento del vehículo durante la ruta, mientras que en la media del terreno irregular se tiene 16,2 G aceleraciones estos valores se deben a que el vehículo se encontró con un rompe velocidades o un hueco durante el recorrido, se nota incremento de las vibraciones pero no tanto como se esperaba por ende las suplecciones independientes tanto de la parte frontal como de la posterior cumplen con el trabajo de absorber las vibraciones estos valores los corrobora (Abouel-Seoud, 2020) en su estudio.

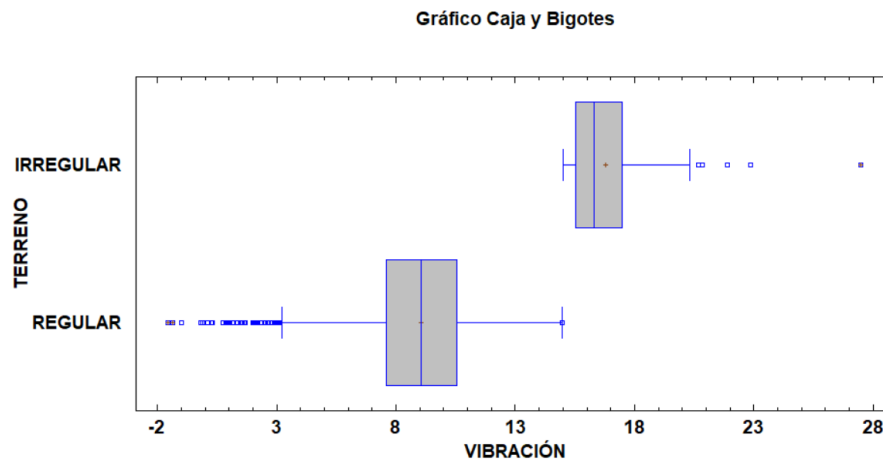


Gráfico 44-3: Análisis vibraciones mediante la gráfica de caja y bigotes.

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

3.6.2.1 Tabla ANOVA para vibración por terreno

En la tabla 11-3 se muestra el análisis ANOVA para las vibraciones en donde el valor P es igual a 0 esto no quiere decir que hay una diferencia muy significativa entres terreno regular y terreno irregular. El valor P igual a 0 es un indicador del trabajo que cumple la suspensión en el terreno regular ya que al momento de transitar por este tipo de terreno no existe mucha diferencia en las vibraciones y de esta forma indicar el buen funcionamiento de la suspensión.

Tabla 11-3: Tabla ANOVA de la vibración en ruta

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	7191.59	1	7191.59	1332.88	0.0000
Intra grupos	27808.5	5154	539.551		
Total (Corr.)	35000.1	5155			

Realizado por: Boada, Santiago; Tenezaca, Manuel, 2021

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos gracias a las rutas de conducción realizadas al VE en condiciones optimistas, pesimistas y normales, se obtiene las siguientes conclusiones.

- Se logró crear un VE, el cual brinda mayor eficiencia de consumo de corriente, y permite obtener un desempeño mejor en una ruta de conducción con pendientes menores al 5%, en las cuales se puede obtener una potencia de 844.629 Watts, así mismo en el punto en el que entrega el máximo de potencia se obtiene un valor de 1189.9 Watts, datos que resultan de una planificación adecuada de la ruta de conducción.
- Se analizó de manera práctica la resistencia del chasis a las vibraciones, al lograr obtener datos en tiempo real que corroboran que el chasis al tener suspensión independiente mantiene en todo el recorrido las vibraciones en un valor medio de 9.214 G, y su comportamiento se ve afectado en terrenos irregulares, donde sus vibraciones hacen a 27.50 G, lo cual genera un confort para los ocupantes, ya que amortiguan de manera óptima las vibraciones.
- Se logró implementar un sistema de freno hidráulico que tiene la capacidad de detener el VE en una superficie de asfalto normal en un tiempo de 2.651 segundos el cual transitaba a una velocidad máxima de 35km/h.
- Se logró determinar el paquete adecuado de las baterías de Ni-MH el cual con su voltaje de 74.5 V, en una conexión de 10 celdas en serie para aumentar su tensión, y con una conexión en paralelo con otro paquete de 10 celdas que otorgan 13 A, lo que resultan en una autonomía de 1.683 horas en la ruta de conducción 3 ya que se la realizó a una velocidad promedio de 15km/h, la ruta 2 se obtuvo una autonomía de 1.164 horas ya que se experimentó velocidades entorno a los 35km/h que generan mayor consumo de corriente por ende una menor autonomía.

RECOMENDACIONES

- Para prolongar la vida útil de las baterías se recomienda evitar las descargas profundas, ya que las baterías de níquel metal hidruro poseen efecto memoria, y de esta manera pierden su eficiencia coulombica, y pese a marcar un voltaje nominal por celda de 7.2 V, su tensión real está muy por debajo del mismo.
- La autonomía de las baterías está estrechamente relacionada con el peso neto del VE, por ende, se recomienda evitar colocar peso muerto el cual no ayude a un correcto desarrollo del VE, de igual manera está correlacionado directamente con la intensidad demandada, en cada ruta de conducción, es por ello por lo que se busca tener un terreno plano sin pendientes positivas donde se pueda desarrollar más el VE, y de la misma forma obtener mayor autonomía.
- Una correcta alineación en las llantas ayuda a evitar una fuerza de rozamiento excesiva, por lo cual se recomienda alinear las llantas delanteras y posteriores con el fin de garantizar un movimiento correcto, esto ayudara a conservar la vida útil de las llantas, y a permitir una mejor rodadura del VE, lo que evitará que sea más difícil romper inercias de movimiento, y evitar intensidades pico de por ejemplo 37.78 A, que se presentan en acelerones bruscos para sobrepasar terrenos irregulares, que sumado a una mala alineación y configuración de dirección generará estos picos y reducirá la autonomía.
- La utilización del sistema de frenado Hidráulico juntamente con la relación de palanca del pedal del freno ayuda a reducir el tiempo de frenado y también aumenta la eficiencia de frenado ya que este sistema tiene menos pérdidas de fricción que sistemas por cables o varillas, por lo que se recomienda la implementación de este sistema en la construcción del vehículo eléctrico.
- Las baterías tienen una intensidad muy alta la cual es muy peligrosa para el ser humano ya que 0.5 A pueden causar incluso la muerte. Por lo que se recomienda el aislamiento de las baterías con el chasis y también la utilización de guantes especiales de protección al momento de manipular las baterías.
- La tensión que maneja el Motor es aproximadamente de 74.5 v, esta tensión puede causar danos al controlador o incluso al motor, por ende, se recomienda utilizar fusibles y breques de protección para garantizar el corte inmediato de corriente al momento de cualquier anomalía en el circuito eléctrico

BIBLIOGRAFÍA

- ABOUEL-SEOUD, S.A.** Vibration behaviour control of a fabricated one-passenger electric vehicle with either mechanical or air suspension. *International Journal of Acoustics and Vibrations*, vol. 25, no. 3. [En línea], 2020, (Egipto). [Consulta 08 Julio 2021]. ISSN 24151408. DOI 10.20855/ijav.2020.25.31444. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/e0dc02e2-f89a-39f7-8ac3-f76599662143/>
- ABULIFA, A.A., RAJA AHMAD, R.K., CHE SOH, A., RADZI, M.A.M. y HASSAN, M.K.** Modelling and simulation of battery electric vehicle by using MATLAB-Simulink. IEEE Student Conference on Research and Development: Inspiring Technology for Humanity, SCORED 2017 - Proceedings. S.l.: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., pp. 383-387. [En Línea], 2018 (Malasia). [Consulta: 11 junio 2021]. DOI 10.1109/SCORED.2017.8305360. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/2c1bd45b-27df-3530-bddd-bdd7ef95afcf/>
- ANÓNIMO**, Sistema de frenos. *Aficionados a la mecánica*. [En línea], 2011, (España), [Consulta: 28 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/fe10c108-d7fc-3a35-900b-d8f188fa637a/>
- ANDARA, R.**, Usabilidad, impactos ambientales y costos de los vehículos de combustión interna y eléctricos. TRIM. Tordesillas, *Revista de investigación multidisciplinar*. [En línea], 2020, (España), [Consulta: 12 abril 2021]. DOI 10.24197/trim.17.2019.111-125. Disponible en: <https://revistas.uva.es/index.php/trim/article/view/4203>
- ASHRAF, N., BRYANT, D. y FIELDHOUSE, J.D.** Investigation of stick-slip vibration in a commercial vehicle brake assembly. *International Journal of Acoustics and Vibrations*, vol. 22, no. 3. [En línea], 2017, (Inglaterra), [Consulta: 12 junio 2021]. ISSN 10275851. DOI 10.20855/ijav.2017.22.3478. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/aad58069-2f8a-3b9e-a71f-cec37abe6fbf/>
- BENABDELAZIZ, K. y MAAROUFI, M.** Battery dynamic energy model for use in electric vehicle simulation. *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 42, no. 30, pp. 19496-19503. [En Línea], 2017 (Marruecos). [Consulta: 11 junio 2021]. ISSN 03603199. DOI 10.1016/j.ijhydene.2017.05.165. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/7073404f-0b41-39c5-b869-111433a2568b/>
- BINSHUANG, Z., JIAYING, C., RUNMIN, Z. y XIAOMING, H.** Skid resistance demands of asphalt pavement during the braking process of autonomous vehicles. *MATEC Web of Conferences*, vol. 275. [En línea], 2019, (China), [Consulta: 12 junio 2021]. DOI

10.1051/mateconf/201927504002. Disponible en:
<https://www.mendeley.com/catalogue/75db991a-d2c1-3f74-a40f-649ba7537f7f/>

BRADY, J. y O'MAHONY, M., Development of a driving cycle to evaluate the energy economy of electric vehicles in urban areas. *Applied Energy*, vol. 177. ISSN 03062619. [En línea], 2016 (Irlanda), [Consulta: 28 mayo 2021]. DOI 10.1016/j.apenergy.2016.05.094. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/f85db0b7-b266-38eb-aa90-5b40fa865c25/>

CEBALLOS, JOHN; CAICEDO, EDUARDO; OSPINA, S., A Methodological Proposal to Measure the Impact of Electric Vehicles on the Electric Grid. *Revista Ingeniería. Universidad Distrital Francisco José de Caldas*, [En línea], 2016, (Colombia). [Consulta: 19 abril 2021]. ISSN 0120-5609. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/304676881>

CHAKRABORTY, S., VU, H.N., HASAN, M.M., TRAN, D.D., EL BAGHDADI, M. y HEGAZY, O. DC-DC converter topologies for electric vehicles, plug-in hybrid electric vehicles and fast charging stations: State of the art and future trends. *Energies*, vol. 12, no. 8. [En Línea], 2019 (Bélgica). [Consulta: 11 junio 2021]. ISSN 19961073. DOI 10.3390/en12081569. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/5388b719-060d-3be8-83c2-3116d01a1829/>

CHEN, F., ZHOU, S., HUA, Y., ZHOU, X., LIU, X., WU, N., XIU, J. y YANG, S. A Novel Method of Developing Driving Cycle for Electric Vehicles to Evaluate the Private Driving Habits. *IEEE Access*, vol. 9. [En línea], 2021, (China), [Consulta: 12 junio 2021]. ISSN 21693536. DOI 10.1109/ACCESS.2021.3049411. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/7f59f25a-3d3e-35d6-9db4-9866008425ae/>

CHOWDHURY, N., HOSSAIN, C.A., LONGO, M. y YAÏCI, W Optimization of solar energy system for the electric vehicle at university campus in Dhaka, Bangladesh. *Energies*, vol. 11, no. 9. [En Línea], 2018 (Bangladesh). [Consulta: 11 junio 2021]. ISSN 19961073. DOI 10.3390/en11092433. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/9df32935-b2c0-3515-a2f2-45363ff21d9d/>

COLOMER FERRÁNDIZ, J.V., SAIZ GABALDÓN, M.A. y COLOMER FONT, O. La utilización de flota de vehículos eléctricos para la Unidad de Hospitalización Domiciliara del Hospital de Alcoy. . S.l.: s.n., [En línea], 2016, (España), [Consulta: 13 junio 2021]. DOI 10.4995/cit2016.2016.4260. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/d9cdf5ca-2f84-3024-a135-6b0304040019/>

CUEVA SÁNCHEZ, E.J., LUCERO, J., GUZMAN, A., ROCHA, J. y ESPINOZA, L.

- Revisión del estado del arte de baterías para aplicaciones automotrices. Enfoque UTE, vol. 9, no. 1, pp. 166-176. [En Línea], 2018 (Ecuador). [Consulta: 11 junio 2021]. ISSN 1390-9363. DOI 10.29019/enfoqueute.v9n1.202. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/054de0f1-07d6-3b98-a6f6-a88c7260aa6d/>
- DAQUILEMA GUAMBO**, Geovanny Marcelo. Dimensionamiento de la fuente de acumulación de energía mediante la determinación de la eficiencia energética del ion-litio cubierto con gel para alcanzar 2500 km en un vehículo solar de competencia. (Trabajo de titulación) *Escuela Superior Politécnica del Chimborazo*, (Ecuador) 2019. pp 32-34 [Consulta: 31 mayo 2021] Disponible en: <http://dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/11590/1/65T00310.pdf>
- DAINA, N., SIVAKUMAR, A. y POLAK, J.W.** Modelling electric vehicles use: a survey on the methods. *Elsevier Ltd*, [En línea] 2017, (United Kingdom). [Consulta: 29 mayo 2021] DOI 10.1016/j.rser.2016.10.005. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/d3ba4676-9836-30cb-ab50-aaaa3d61385/>
- DEAC, S., STANCIU, S., BERCE, C., OANȚĂ, E.N., VLADAIA, D. y BERETEU, L.** Analysis of the Dynamic Behavior of a Vehicle Suspension when Passing over a Bump. *ITM Web of Conferences*, vol. 29. [En línea], 2019, (Romania), [Consulta: 13 junio 2021]. DOI 10.1051/itmconf/20192902014. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/0a03d6c5-0274-3f5c-87ca-bd7a3773141f/>
- FENG, S., AN, H., LI, H., QI, Yabin, WANG, Z., GUAN, Q., LI, Y. y QI, Yajie** The technology convergence of electric vehicles: Exploring promising and potential technology convergence relationships and topics. *Journal of Cleaner Production*, vol. 260. [En línea], 2020, (China), [Consulta: 30 junio 2021]. ISSN 09596526. DOI 10.1016/j.jclepro.2020.120992. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/f91951ea-a409-3e8c-978c-bf012e5e3906/>
- FERNÁNDEZ, E.** Diseño e implementación de un Controlador para la recarga de una batería de un vehículo híbrido aplicando técnicas de control continuo. Guayaquil. [En línea], 2009, (Ecuador), [Consulta: 10 julio 2021]. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/43670>.
- GALATI, R. y REINA, G.** Terrain awareness using a tracked skid-steering vehicle with passive independent suspensions. *Frontiers Robotics AI*, vol. 6, no. [En línea], 2019, (Italia) [Consulta: 11 junio 2021]. JUN. ISSN 22969144. DOI 10.3389/frobt.2019.00046. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/13652fc4-82a9-31fe-97be-8565499d987b/>

GARCÍA DEL CASTILLO LÓPEZ, A., COCRON, P. y MORA, C. Expectativas del consumidor hacia el uso y compra de vehículos híbridos y eléctricos (EV/HEV) en función del ruido y las vibraciones. *Researchgate*, [En línea], 2016, (España). [Consulta: 19 abril 2021]. ISSN 0210-3680. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/313220980>

KITTNER, N., TSIROPOULOS, I., TARVYDAS, D., SCHMIDT, O., STAFFELL, I. y KAMMEN, D.M. Electric vehicles. Technological Learning in the Transition to a Low-Carbon Energy System: Conceptual Issues, Empirical Findings, and Use, in *Energy Modeling*, [En Línea], 2019, (Estados Unidos). [Consulta: 19 abril 2021]. S.l.: s.n., ISBN 9780128187623. Disponible en: <https://www.elsevier.com/books/technological-learning-in-the-transition-to-a-low-carbon-energy-system/junginger/978-0-12-818762-3>

KHODE, S.S. A Review on Independent Suspension System of Light Commercial Vehicle. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, vol. 17, no. 10. [En línea], 2017, (India), [Consulta: 13 junio 2021]. ISSN 2320334X. DOI 10.9790/1684-17010061419. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/e6c2ceec-f603-37dd-acbf-d6a44af092b9/>

KOENE, I., KLAR, V. y VIITALA, R. IoT connected device for vibration analysis and measurement. *HardwareX*, vol. 7. [En Línea], 2020, (Finlandia). [Consulta: 29 junio 2021]. ISSN 24680672. DOI 10.1016/j.ohx.2020.e00109. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/b08f97e3-81ea-39e4-b6b1-95f84f31050a/>

LÓPEZ, FRANCISCO FRAGA; AGEITOS, JOSÉ MANUEL MARTÍNEZ. Energías Renovables: ¿la energía del futuro? En Energías renovables: ¿la energía del futuro? *Universidad de de Santiago de Compostela*, [En Línea], 2007, (España). p. 5-10. [Consulta: 19 abril 2021]. DOI:10.13140/2.1.5163.2325 Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/268212862>

MALDONADO-CRIADO, Á.J. y FERNÁNDEZ-RAMOS, J. Sistema de monitorización para mejora de la eficiencia energética de un vehículo eléctrico. *Greencities & Sostenibilidad. Convocatoria de Comunicaciones Científicas* [en línea], 2015, (España). [Consulta: 04 Agosto 2021]. pp. 15. Disponible en: [https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/10549/SISTEMA DE MONITORIZACION PARA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGETICA DE UN VEHICULO ELECTRICO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/10549/SISTEMA_DE_MONITORIZACION_PARA_MEJORA_DE_LA_EFICIENCIA_ENERGETICA_DE_UN_VEHICULO_ELECTRICO.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

MAÑAS-ÁLVAREZ, F.J., BLANCO-CLARACO, J.L., TORRES-MORENO, J.L. y GIMÉNEZ FERNÁNDEZ, A.G. Modelado y control multivariable del vehículo urbano eléctrico UAL-eCARM. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*,

[En Línea], 2020, (España). [Consulta: 19 abril 2021]. ISSN 1697-7912, DOI 10.4995/riai.2019.12679. Disponible en: <https://polipapers.upv.es/index.php/RIAI/article/view/12679/12198>

MÉNDEZ TORRES, P.W., GÓMEZ BERREZUETA, M.F. y LLERENA MENA, A.F. Análisis de la viabilidad para la implementación de vehículo eléctrico que preste servicio de taxi en la ciudad de Cuenca. *INNOVA Research Journal*, vol. 5, no. 3.2, pp. 295-308. [En Línea], 2020 (Ecuador). [Consulta: 11 junio 2021]. DOI 10.33890/innova.v5.n3.2.2020.1612. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/70fdb35b-3ecf-30d8-90e8-6d02e63f22da/>

MIERLO, J. Van, BERECIBAR, M., BAGHDADI, M. El, DE CAUWER, C., MESSAGIE, M., COOSEMANS, T., JACOBS, V.A. y HEGAZY, O. Beyond the state of the art of electric vehicles: A fact-based paper of the current and prospective electric vehicle technologies. *MDPI AG*, [En línea], 2021, (Bélgica). [Consulta 30 mayo 2021]. DOI 10.3390/wevj12010020 Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/1913aee7-7283-39e8-93ab-ae2968924d28/>

MONTES DE OCA, A., RAMÍREZ, E.I., RUÍZ, O. y JACOBO, V.H. Análisis de la suspensión y la estructura de un vehículo UTV mediante FEM. *UNAM*. pp. 201-209. [En Línea], 2017, (Mexico). [Consulta: 1 mayo 2021]. ISSN 2448-5551. Disponible en: http://somim.org.mx/memorias/memorias2017/articulos/A1_101.pdf

MORALES, J. Tendencias Actuales de Fuentes de Energía. [En Línea], 2020 (México). [Consulta: 11 junio 2021]. Disponible en: (PDF) [Perspectiva del uso de amortiguadores inteligentes en vehículos eléctricos \(researchgate.net\)](https://researchgate.net/publication/351111111)

MOUNCE, R. y NELSON, J.D. On the potential for one-way electric vehicle car-sharing in future mobility systems. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 120, pp. 17-30. ISSN 09658564. [En línea], 2019, [Consulta: 30 mayo 2021] DOI 10.1016/j.tra.2018.12.003. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/33acaaf1-7cca-3645-815e-02de3a993ae0/>

ORTEGA, J. y GÓMEZ, A. Sistema de recarga de vehículos eléctricos: revisión tecnológica e impacto en el sistema eléctrico. *Economía industrial*, no. 411, pp. 35-44. [En Línea], 2019 (España). [Consulta: 11 junio 2021]. DOI: 10.1007/978-3-030-50633-9_3 Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/22ab3bf7-2829-38ed-8405-7d1baf1e3f6b/>

PÉREZ DARQUEA, D.G. Estudio De Emisiones Contaminantes Utilizando Combustibles Locales Study of Polluting Emissions Using Local Fuels. *INNOVA Research Journal*, [En Línea], 2017, (Ecuador). [Consulta: 19 abril 2021]. DOI 10.33890/innova.v3.n3.2018.635

Disponible en: <https://revistas.uide.edu.ec/index.php/innova/article/view/635>

PEREIRA MICENA, R., LLERENA P., O.R., DE QUEIRÓZ LAMAS, W. y SILVEIRA, J.L. Estudio técnico del uso de energía solar y biogás en vehículos eléctricos en Ilhabela-Brasil. *Ingenius*, [En Línea], 2018, (Brasil). [Consulta: 19 abril 2021]. ISSN 1390-650X
DOI 10.17163/ings.n20.2018.06. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=505555586006>

PIELECHA, J., SKOBIEJ, K., & KURTYKA, K. Exhaust emissions and energy consumption analysis of conventional, hybrid, and electric vehicles in real driving cycles. *Energies*, [En línea], 2020, (Ecuador) 13(23), [Consulta: 15 julio]. Disponible en:
<https://doi.org/10.3390/en13236423>

POVEDA-MARTÍNEZ, P., RAMIS-SORIANO, J., PARIZET, E. y JANSSENS, K. Percepción Sonora de Vehículos Eléctricos. *Mendeley*, [En Línea], 2016, (España).
Consulta: 20 abril 2021]. ISSN 0210-3680. Disponible en:
<https://www.mendeley.com/catalogue/1a01701f-042b-3727-819e-a181a40c9b8e/>

P., CRUZ-ALCANTAR & MORALES, JOSEFA. Perspectiva del uso de amortiguadores inteligentes en vehículos eléctricos. *Researchgate*, [En Línea], 2017, (México). [Consulta: 20 abril 2021],
Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/326106963_Perspectiva_del_uso_de_amortiguadores_inteligentes_en_vehiculos_electricos

PUTRI, T.N. y SASMOKO, P. ALAT PEMANTAU PENGOSONGAN AKUMULATOR 12V/ 5Ah BERBASIS ARDUINO UNO. *Gema Teknologi*, vol. 18, no. 4. [En línea], 2016, (Indonesia). [Consulta 07 Julio 2021]. ISSN 0852-0232. DOI 10.14710/gt.v18i4.21910.
Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/bdd51a44-c2d6-3800-9232-0e9ba34700a8/>

RAMOS TEODORO, Jerónimo, et al. Modelado y control de la dirección de un vehículo eléctrico. (Trabajo de titulación). *Universidad de Almería*, España 2015. pp 15-30
[Consulta: 20 abril 2021] Disponible en:
http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/3408/3451_Memoria%20TFG.pdf?sequence=1&isAllowed=y

RAJPER, S.Z. y ALBRECHT, J. Prospects of electric vehicles in the developing countries: A literature review. *Sustainability (Switzerland)*, vol. 12, no. 5. [En Línea], 2020 (Bélgica). [Consulta: 11 junio 2021]. ISSN 20711050. DOI 10.3390/su12051906. Disponible en:
<https://www.mendeley.com/catalogue/5cb34861-8b1b-38fa-9dda-48d758bb3db4/>

- REDEL-MACÍAS, M.D., BERCKMANS, D. y CUBERO-ATIENZA, A.J.** Modelo de identificación de fuentes sonoras. aplicación al ruido del motor de un automóvil. *RIAI - Revista Iberoamericana de Automática e informática Industrial*, [En Línea], 2010, (España). (7), [Consulta: 20 abril 2021]. ISSN 16977920, DOI 10.4995/RIAI.2010.03.03. Disponible en: <https://polipapers.upv.es/index.php/RIAI/article/view/8440>
- RICARDO A. GARCÍA-LEÓN, EDER FLÓRES-SOLANO², E.E.B.** ANALISIS DE LOS PRINCIPALES MECANISMOS DE FALLA EN TRES FRENOS DE DISCO AUTOMOTRICES. *REVISTA COLOMBIANA DE TECNOLOGIAS DE AVANZADA (RCTA)*, vol. 2, no. 36. [En línea], 2020, (Colombia), [Consulta: 13 junio 2021]. ISSN 1692-7257. DOI 10.24054/16927257.v36.n36.2020.4016. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/21b05943-3f6c-3724-b2c0-e9d59cd2790b/>
- ROJAS, V., PANCHÁ, J., ROMERO, V. y LEMA, J.** Análisis de la eficiencia de un disco de freno convencional ventilado con respecto a un disco hiperventilado mediante mecanizado. *Ingenius*, no. 25. [En línea], 2020, (Ecuador), [Consulta: 13 junio 2021]. ISSN 1390-650X. DOI 10.17163/ings.n25.2021.06. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/bbb25f2a-76b4-3604-a387-6ed62e99428d/>
- RUIZ, R.S.** Impacto del vehículo eléctrico en la industria espaxola disrupción económica en ciernes. *Economía industrial*, no. 411, pp. 113-122. [En Línea], 2019 (España). [Consulta: 11 junio 2021]. ISSN 0422-2784. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/864e87e3-adeb-331a-8c77-85824cda871e/>
- RYABOV, I. V., NOVIKOV, V. V. y POZDEEV, A. V.** Efficiency of Shock Absorber in Vehicle Suspension. *Procedia Engineering*. S.l.: s.n., [En línea], 2016, (Rusia), [Consulta: 13 junio 2021]. DOI 10.1016/j.proeng.2016.06.721. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/6aa98540-6cf5-33d8-90e7-06bb17aa0510/>
- SÁNCHEZ, V.F., HERÁNCEZ, A.V., PAZ, C.A.V. de la y BORBONIO, J.J.** Validation of Hydraulic brakes for Electric Vehicles. *International Journal of Advanced Engineering, Management and Science*, vol. 5, no. 3. [En línea], 2019, (México), [Consulta: 13 junio 2021]. DOI 10.22161/ijaems.5.3.9. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/00df679a-b229-37c3-9713-89a9db87526f/>
- SALAZAR MARIN, E.A., ARROYAVE LONDOÑO, J.F. y GUEVARA ROJAS, B.** Desarrollo de un vehículo solar híbrido “XUE revolution”. *Scientia et technica*, vol. 21, no. 4, pp. 297. [En Línea], 2016 (Colombia). [Consulta: 11 junio 2021]. ISSN 0122-1701. DOI 10.22517/23447214.12831. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/2ffefcab-84bc-3b8b-b35e-345ca3beb6a4/>

SARMIENTO ROJAS, J. A. GARZÓN AGUDELO, D. M. Y GUTIÉRREZ-JUNCO, Ó. J.

Formulación y evaluación de proyectos de ingeniería. *Editorial UPTC*. [En Línea], 2019, (Colombia). [Consulta: 30 junio 2021]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/135291>

SHARMA, S., PANWAR, A.K. y TRIPATHI, M.M. Storage technologies for electric vehicles.

S.l.: s.n. [En Línea], 2020, (India). [Consulta: 1 mayo 2021]. DOI 10.1016/j.jtte.2020.04.004 Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/01f6022f-bb99-3db2-b67e-bfd940188afb/>

SUHENDRI, S. y GOERITNO, A. Pemantauan Energi Listrik pada Satu kWh-meter Fase

Tunggal untuk Empat Kelompok Beban Berbasis Metode Payload Data Handling. *Jurnal Rekayasa ElektriKa*, vol. 14, no. 3. [En Línea], 2018 (Indonesia). [Consulta: 28 junio 2021]. ISSN 1412-4785. DOI 10.17529/jre.v14i3.11952. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/2add1e9a-63b8-3e59-9371-7cff3bf8fa62/>

SOARES DOS SANTOS, G., JOSE GRANDINETTI, F., AUGUSTO ROCHA ALVES, R. y DE QUEIROZ LAMAS, W. Design and simulation of an energy storage system with

batteries lead acid and lithium-ion for an electric vehicle: Battery vs. conduction cycle efficiency analysis. *IEEE Latin America Transactions*, vol. 18, no. 8, pp. 1345-1352. [En Línea], 2020 (Brasil). [Consulta: 11 junio 2021]. ISSN 15480992. DOI 10.1109/TLA.2020.9111669. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/97425abc-3524-35ef-994a-a6f8069aa877/>

TU, J.C. y YANG, C. Key factors influencing consumers' purchase of electric vehicles.

Sustainability (Switzerland), vol. 11, no. 14. [En Línea], 2019 (Taiwan). [Consulta: 11 junio 2021]. ISSN 20711050. DOI 10.3390/su11143863. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/cc32da01-8c80-372c-9cbc-69dfb20491a6/>

VIJAYANAND, A., NATARAJAN, S., RAMKUMAR, K.R. y SUNDARARAJAN, S.

Optimization and dry sliding wear behaviour of spray coated MoS₂ on automotive ball joints through response surface methodology. *Materials Research Express*, vol. 6, no. 6. [En línea], 2019, (India), [Consulta: 13 junio 2021]. ISSN 20531591. DOI 10.1088/2053-1591/aeab3. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/6f4fb52b-2088-3b75-bd4f-f48deef5efd4/>

YANG, Y., LI, G. y ZHANG, Q. A pressure-coordinated control for vehicle electro-hydraulic

braking systems. *Energies*, vol. 11, no. 9. [En línea], 2018, (China), [Consulta: 13 junio 2021]. ISSN 19961073. DOI 10.3390/en11092336. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/c98e7f5d-06b7-3369-9f7a-65bfef969b6d/>

- YANG, W., WANG, H., WANG, Z., FU, X., MA, P., DENG, Z. y YANG, Z.** Optimization strategy of electric vehicles charging path based on «Traffic-Price-Distribution» mode. *Energies*, vol. 13, no. 12. ISSN 19961073. DOI 10.3390/en13123208. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/229e8b1c-fefa-3ad7-9f21-fb9d6d04a3f4/>
- ZINE, B., MAROUANI, K., BECHERIF, M. y YAHMEDI, S.** Estimation of Battery Soc for Hybrid Electric Vehicle using Coulomb Counting Method. *International Journal of Emerging Electric Power Systems*, vol. 19, no. 2. ISSN 1553779X. DOI 10.1515/ijeeps-2017-0181. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/839e4146-b962-313b-a963-8b9025d5b982/>
- ZHANG, J., WANG, Z., LIU, P., ZHANG, Z., LI, X. y QU, C.** Driving cycles construction for electric vehicles considering road environment: A case study in Beijing. *Applied Energy*, vol. 253. [En línea], 2019, (China), [Consulta: 13 junio 2021]. ISSN 03062619. DOI 10.1016/j.apenergy.2019.113514. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/b92c217c-5d50-36c0-afab-0e8a77cf0a3d/>

ANEXOS

Anexo A: Proforma Yalu

YALU® WENZHOU YALU ELECTRIC CO.,LTD

Address: Caotian Hou Village, Liushi, Yueqing, Zhejiang, China Web: www.yalumotor.com

PROFORMA INVOICE

TO: NAME: TRACTOQUITO SCC
 RUC: 1791726421001
 ADDRESS: AV. 10 DE AGOSTO N39-101 Y
 DIGUJA
 ZIP CODE: 170508

Invoice No.	: YL-PI9646-21041311
Date	: 13th April.,2021
Customer ID:	C9646
Ver.	: 1st of 2021
Currency	: USD
Contact	: Marina Wu
Email:	: yalu@wzyalu.com
Tel:	: 0086-577-61617377
Due	:

TERM OF PAYMENT	: 100% TT ADVANCE
TERMS OF PRICE	: SAMPLE COST
TIME OF DELIVERY	: 10-20 WORK DAYS AFTER GET DEPOSIT PAYMENT
WAY OF DELIVERY	: BY EXPRESS
VALIDITY	: VALID WITHIN 30DAYS.
PORT TO LOADING	: CHINA
PORT OF DESTINATION:	ECUADOR

Item	Name	Specification	Unit	Quantity	Unit Price	Amount
1	BM1424HQF 2.2KW 72V BLDC MOTOR KIT With axle axle length:120cm drum brake		SET	1	\$410.00	\$410.00
2	FREIGHT FEE	VIA DHL	SET	1	\$1,016.00	\$1,016.00

Total Amount: \$1,426.00

PAYMENT ACCOUNT DETAILS:

Company Name: **【 WENZHOU YALU ELECTRIC CO.,LTD 】**
 Company Address : **【 Caotian Hou Village, Liushi, Yueqing, Zhejiang, China 】**
 Bank Account: **【 354570294172 】**
 SWIFT BIC CODE: **【 BKCHCNBJ92B 】**
 Bank Name: **【 BANK OF CHINA ZHEJIANG BRANCH WENZHOU YUEQING LIUSHISUB-BRANCH 】**
 Bank Address: **【 NO.588 CHEZHAN ROAD,LIUSHI, YUEQING,ZHEJIANG,CHINA 】**
 Bank Tel: **【 0086-577-62722045 】**

Anexo B: Frente del VE



Anexo C: Vista lateral del VE



Anexo D: Punto de inicio Puerta Principal ESPOCH



Anexo E: Redondel Av. Principal ESPOCH



Anexo F: Facultad de Agronomía



Anexo G: Facultad de ciencias



Anexo H: Esquina Lab. Autotrónica



Anexo I: Escuela Ing. Automotriz



Anexo J: Puerta lateral Av. Milton Reyes



Anexo K: Escuela Gestión de Transportes



Anexo L: Escuela de Marketing





epoch

**Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje**

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL**

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 10 / 06 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: OMAR SANTIAGO BOADA TAPIA MANUEL LEANDRO TENEZACA PROCEL
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: MECÁNICA
Carrera: INGENIERÍA AUTOMOTRIZ
Título a optar: INGENIERO AUTOMOTRIZ
f. Analista de Biblioteca responsable: Lcdo. Holger Ramos, MSc.

0863-DBRA-UPT-2022