



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Proyecto de investigación previo
a la obtención del título de
Ingeniero Mecánico.

Título del Proyecto de Investigación:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TREN DE POTENCIA
ELÉCTRICO EN UN VEHÍCULO DE CARGA LIVIANA PARA LA
MEJORA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA DE
TRACCIÓN”**

Autores:

Jeshua Emanuel Acosta Gonzales
Edison Xavier Santander Benalcazar

Director del Proyecto de Investigación:

Ing. Jorge Javier Acosta Manosalvas. MSc

Quevedo – Los Ríos – Ecuador.

2023



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Nosotros, **Jeshua Emanuel Acosta Gonzales** y **Edison Xavier Santander Benalcazar** declaramos que la investigación aquí descrita es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional: y, que se ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por normatividad institucional vigente.

f.

Jeshua Emanuel Acosta Gonzales

C.C.# 1207859040

f.

Edison Xavier Santander Benalcazar

C.C.# 1004317390



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Ing. JORGE JAVIER ACOSTA MANOSALVAS**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante, **ACOSTA GONZALES JESHUA EMANUEL**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TREN DE POTENCIA ELÉCTRICO EN UN VEHÍCULO DE CARGA LIVIANA PARA LA MEJORA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA**”, previo a la obtención del título de **Ingeniero Mecánico**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

JORGE JAVIER ACOSTA MANOSALVAS
Firmado digitalmente por JORGE JAVIER ACOSTA MANOSALVAS
Fecha: 2023.03.27 13:27:41 -05'00'

Ing. Jorge Javier Acosta Manosalvas
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Ing. JORGE JAVIER ACOSTA MANOSALVAS**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante, **SANTANDER BENALCAZAR EDISON XAVIER**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TREN DE POTENCIA ELÉCTRICO EN UN VEHÍCULO DE CARGA LIVIANA PARA LA MEJORA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA**”, previo a la obtención del título de **Ingeniero Mecánico**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

JORGE JAVIER
ACOSTA
MANOSALVAS

Firmado digitalmente por JORGE
JAVIER ACOSTA MANOSALVAS
Fecha: 2023.03.27 13:28:13 -05'00'

Ing. Jorge Javier Acosta Manosalvas
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

Por medio del presente me permito certificar, que el Sr. Acosta Gonzales Jeshua Emanuel y Santander Benalcazar Edison Xavier, estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica, una vez que se revisó el proyecto de investigación titulado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TREN DE POTENCIA ELÉCTRICO EN UN VEHÍCULO DE CARGA LIVIANA PARA LA MEJORA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA”**; tengo a bien certificar que se realizó la revisión respectiva por medio del sistema Urkund, con un porcentaje favorable del 5%.

Se adjunta imagen del sistema **Urkund**.



Document Information

Analyzed document	Tesis Conversion de vehiculo.pdf (D159466253)
Submitted	2/25/2023 2:11:00 AM
Submitted by	
Submitter email	jeshua.acosta2017@uteq.edu.ec
Similarity	5%
Analysis address	jacostam.uteq@analysis.orkund.com

JORGE JAVIER
ACOSTA
MANOSALVAS

Firmado digitalmente por
JORGE JAVIER ACOSTA
MANOSALVAS
Fecha: 2023.03.27 13:28:45
-05'00'

Ing. Jorge Javier Acosta Manosalvas
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“Diseño e implementación de un tren de potencia eléctrico en un vehículo de carga liviana para la mejora de eficiencia energética del sistema”

Presentado al Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

Aprobado por:



Firmado electrónicamente por:
RODGER BENJAMIN SALAZAR LOOR

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Rodger Salazar Loor



Firmado electrónicamente por:
YUSIMIT KARINA ZAMORA HERNANDEZ

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Yusimit Zamora



Firmado electrónicamente por:
ERNESTO JAVIER RUANO HERRERIA

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Ernesto Ruano

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2023

AGRADECIMIENTO

Le doy primero gracias a Dios por haberme ayudado en todo este proceso, a mis padres Roberto Acosta y Barbara Gonzales por su esfuerzo realizado en este tiempo y su guía en cada decisión tomada.

A mi hermana Genesis Acosta, que me enseñó a superarme día a día y continuamente me brindó su apoyo incondicional, por ello es mi ejemplo a seguir.

Gracias a mis compañeros con los cuales compartimos esta experiencia única de altos y bajos, pero siempre animándonos mutuamente, con el enfoque de llegar a esa meta de culminar la carrera de Ingeniería Mecánica.

Acosta Gonzales Jeshua Emanuel

AGRADECIMIENTO

A lo largo de mi carrera como estudiante de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo he conocido decenas de personas entre ellos amigos y compañeros, pero las que han estado allí como mi sustento y quienes confiaron en mis capacidades son mi familia, en primera instancia están mis padres, Jaime Santander y Bertha Benalcázar, los cuales a pesar de las dificultades, como económicas, sociales y sentimentales en todo momento me han apoyado en cualquier circunstancia, tanto moralmente como económicamente, al igual que mis hermanas, que para bien siempre estuvieron presentes en cada paso y cada proyecto que realizaba en mi carrera con su apoyo, mi hermano a pesar que ya no se encuentra con nosotros me enseñó a cómo sobrelivir y luchar a pesar de la dificultad que se enfrente, finalmente a mis compañeros y amigos que he conocido en estos maravillosos años de aprendizaje quienes me han visto dar un paso a la vez hacia la meta.

Gracias a todos ellos quienes me ha dado palabras de esperanza, ha estado en diferentes momentos como de tristeza y también de alegría, por eso hoy me encuentro en este gran paso de mi vida, en la que, a pesar de muchas dificultades, logré atravesar y sobrelivir cada una de ellas para de esa manera cumplir con mi objetivo hoy alcanzado, que no es solo mi alegría es también es para todas las personas que me apoyaron y estuvieron para mí en todo momento.

Santander Benalcázar Edison Xavier

DEDICATORIA

Este proyecto de investigación para obtener la titulación de ingeniero mecánico se lo dedico a mis padres Roberto Acosta y Barbara Gonzales que, por su esfuerzo, perseverancia se alcanzó a terminar esta carrera.

A mi hermana quien estuvo siempre al pendiente del transcurso de cada logro obtenido y este no es la excepción.

A mis amigos que de una u otra manera estuvieron de manera activa y positiva, brindando su apoyo.

Acosta Gonzales Jeshua Emanuel

DEDICATORIA

La dedicación, el esfuerzo y la perseverancia siempre llega a dar frutos y hoy ha llegado el día de recibir mis cosechas por tal razón ese trabajo de investigación y conversión dedico a mis padres, Jaime Santander y Bertha Benalcázar, quienes siempre han confiado inverosímilmente en mí y me han brindado su apoyo para que consiga culminar mi estudio universitario.

Dedico este trabajo a toda mi familia que conforman el apellido Santander y Benalcazar, que sea de forma cercana o lejana me dieron un consejo para que sea una persona de bien y con ello llegar a ser un buen profesional al terminar mi carrera universitaria, y para ellos dirijo estas palabras, mientras haya perseverancia por más difícil que sea siempre se lo alcanza, citando lo que dijo Yokoi Kenji: "La disciplina, tarde o temprano, vencerá a la inteligencia" de manera para ellos y puedan superarse día a día, con las ganas de cumplir sus objetivos al igual yo estoy cumpliendo uno el día de hoy.

De igual manera estas palabras me las autodirijo, porque siempre he tratado siempre de dar la mejor versión de mí, sin menospreciar ni defraudar a nadie y brindarles una alegría más porque si yo pude obtener mi triunfo, todos los podemos cumplir, los límites se los pones tú, a todos los que estuvieron dispuestos en ayudarme mi etapa de estudiante que lo que yo he logrado sea una motivación para todo aquel que quiera salir delante de una forma correcta.

Santander Benalcázar Edison Xavier

RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVES

En el presente proyecto de investigación se buscó determinar los pasos para realizar el cambio del sistema de combustión interna de una camioneta Datsun del año 1977, por un sistema de propulsión eléctrico. El proceso de conversión eléctrica se realizó con el objetivo de eliminar totalmente los gases que se generan por la combustión del motor cuando está en funcionamiento. Se aplicó el método experimental en donde previamente se realizaron los cálculos fundamentales para determinar potencias, capacidad energética de los componentes principales. Es fundamental considerar las condiciones de límite de velocidad urbana, masa propia del vehículo con dos ocupantes, masa útil de carga y grados de inclinación de una pendiente máxima. Finalmente se realizaron las pruebas de rutas en la ciudad de Otavalo, parroquia Selva Alegre, con un total de distancia recorrida de 20,98 km, se obtuvo que el pico de potencia más alto de las tres rutas fue de 4,87 kW y la velocidad máxima a la que se desplazó el vehículo fue de 59 km/h. También por medio de la aplicación de encuestas se pudo determinar el nivel de aceptación e interés del proyecto por parte de las personas encuestadas.

Palabras claves: Movilidad eléctrica, propulsión eléctrica, vehículo eléctrico, potencia electromotriz.

ABSTRACT AND KEYWORDS

This research project sought to determine the steps to replace the internal combustion system of a 1977 Datsun pickup truck with an electric propulsion system. The electric conversion process was carried out with the objective of totally eliminating the gases generated by the combustion of the engine when it is in operation. The experimental method was applied, where the fundamental calculations were previously made to determine the power and energy capacity of the main components. It is essential to consider the conditions of urban speed limit, own weight of the vehicle with two occupants, useful load weight and degrees of inclination of a maximum slope. Finally, the route tests were carried out in the city of Otavalo, Selva Alegre parish, with a total distance traveled of 20.98 km, the highest peak power of the three routes was 4.87 kW and the maximum speed at which the vehicle traveled was 59 km/h. Also, through the application of surveys, it was possible to determine the level of acceptance and interest in the project on the part of the people surveyed.

Keywords: Electric mobility, electric propulsion, electric vehicle, electromotive power.

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	iii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO	iv
CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVES	viii
ABSTRACT AND KEYWORDS	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE ECUACIONES	x
ÍNDICE DE ANEXOS	x
CÓDIGO DUBLÍN	xi
GLOSARIO DE TÉRMINOS Y FÓRMULAS	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	2
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1. Problema de Investigación.	3
1.1.1. Planteamiento del problema.	3
1.1.1.1. Diagnóstico.....	3
1.1.1.2. Pronóstico.....	4
1.1.2. Formulación del problema de investigación.....	4
1.1.3. Sistematización del problema.	5

1.2. Objetivos.....	6
1.2.1. Objetivo General.....	6
1.2.2. Objetivos Específicos.	6
1.3. Justificación.....	7
CAPÍTULO II.....	8
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	8
2.1. Marco teórico.	9
2.1.1. Necesidad de energías alternativas.	9
2.1.2. ¿Qué es un Vehículo Eléctrico?.....	10
2.1.2.1. Historia de la electrificación.....	10
2.1.3. Generación eléctrica en vehículos eléctricos.....	11
2.1.3.1. Energía renovable.....	12
2.1.3.2. Energía no renovable.....	13
2.1.3.3. Tipos de motores eléctricos.....	14
2.1.3.3.1. Motores de corriente continua y alterna.	14
2.1.3.3.2. Aplicaciones de los motores DC.	15
2.1.3.3.3. Motores de corriente alterna.	15
2.1.3.3.4. Aplicación de los motores de corriente alterna.....	16
2.1.3.3.5. Motor de inducción o asíncronos.....	16
2.1.3.3.6. Motor síncrono de imanes permanentes.	17
2.1.4. Clasificación de los vehículos eléctricos.	18
2.1.3.4. Ventajas del vehículo eléctrico.....	20
2.1.3.5. Desventajas del vehículo eléctrico.	20
2.1.5. Situación actual del desarrollo de la movilidad eléctrica.	22
2.1.6. Componentes de los vehículos eléctricos.	22
2.1.6.1. Motor eléctrico (síncrono de imanes permanente).	23
2.1.6.1.1. Partes del motor eléctrico.	24

2.1.6.2. Convertidor DC-DC.....	25
2.1.6.3. Baterías.....	26
2.1.6.4. Almacenamientos de energía.....	27
2.1.6.5. Tipos de baterías.....	27
2.1.6.5.1. Batería de plomo ácido.....	28
2.1.6.5.2. Níquel – zinc.....	28
2.1.6.5.3. Níquel- hidruro metálico.....	29
2.1.6.5.4. Níquel- hierro.....	29
2.1.6.5.5. Ion litio.....	30
2.1.6.5.6. Polímero de litio.....	30
2.1.6.5.7. Litio hierro fosfato.....	31
2.1.6.6. Curvas Características.....	32
2.1.6.7. Supercondensadores.....	33
2.1.6.8. Controlador.....	33
2.1.6.9. Fases de carga y descarga de las baterías LiFePO ₄	34
2.1.6.10.Cargador.....	34
2.1.6.10.1. Puerto de carga o entrada del vehículo (Charging port or vehicle inlet).....	34
2.1.6.10.2. Cargador a bordo (On-board charger).....	34
2.1.6.11.Tipos de cargadores.....	35
2.1.6.11.1. Conector Tipo 2 (Mennekes).....	35
2.1.6.11.2. Conector Tipo 3 o Scame.....	35
2.1.6.11.3. Conector Tipo 4 o Chademo.....	36
2.1.7. Costo de cargar las baterías.....	37
2.2. Marco conceptual.....	37
2.2.1. Dinámica de los vehículos eléctricos.....	37
2.2.2. Eficiencia.....	38
2.2.3. Relación masa-potencia.....	38

2.3. Marco referencial.....	40
2.3.1. Características técnicas iniciales del vehículo.....	40
2.3.2. Sistema que utiliza actualmente.....	40
2.3.3. Sistema de conversión.	42
2.3.3.1. Motor eléctrico.	42
2.3.3.2. Batería.	43
2.3.3.3. Sistema de transmisión.....	44
CAPÍTULO III.....	46
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	46
3.1. Localización.	47
3.2. Tipo de investigación.	47
3.2.1. Investigación documental.....	47
3.2.2. Investigación descriptiva.....	48
3.2.3. Investigación proyectiva.....	48
3.3. Métodos de investigación.....	48
3.3.1. Método deductivo.....	48
3.3.2. Método experimental.....	48
3.4. Fuentes de recopilación de información.....	49
3.5. Diseño de la investigación.....	49
3.6. Instrumentos de investigación.....	50
3.7. Recursos humanos y materiales.	51
3.7.1. Recursos Humanos.....	51
3.7.2. Recursos Materiales.....	51
CAPÍTULO IV.....	53
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	53
4.1. Datos técnicos iniciales del vehículo.....	54
4.2. Resultados.	55

4.2.1. Cálculo de potencia en condición de vehículo sin carga.	55
4.2.1.1. Potencia de tracción requerida para la velocidad máxima.	55
4.2.1.2. Potencia de tracción requerida para la aceleración.	56
4.2.1.3. Potencia de tracción requerida para la pendiente máxima.	56
4.2.2. Cálculo de potencia en condición de vehículo con carga.	57
4.2.2.1. Potencia de tracción requerida para la velocidad máxima.	57
4.2.2.2. Potencia de tracción requerida para la aceleración.	57
4.2.2.3. Potencia de tracción requerida para la pendiente máxima.	57
4.2.3. Relación de engranes.	58
4.2.4. Velocidad de desplazamiento.	59
4.2.5. Cálculo para el diseño de la batería.	60
4.2.6. Modelo en Simulink del vehículo eléctrico.	61
4.2.6.1. Resultados obtenidos en el software.	65
4.2.7. Tiempo en que se realizó la conversión.	67
4.2.7.1. Desinstalación del sistema de combustión (Semana 1).	67
4.2.7.2. Desinstalación del sistema de combustión (Semana 2).	68
4.2.7.3. Retiro de componentes del interior del vehículo y traslado de equipos adquiridos (Semana 3).	70
4.2.7.4. Desempaquetado de los equipos adquiridos (Semana 4).	71
4.2.7.5. Conexión de cables en componentes (Semana 5).	73
4.2.7.6. Armado de la caja para el banco de batería (Semana 6).	75
4.2.7.7. Instalación de equipos en el vehículo (Semana 7).	76
4.2.7.8. Instalar el sistema de suspensión (Semana 8).	78
4.2.7.9. Adquisición del sistema de frenos (Semana 9).	79
4.2.7.10. Conexión de componentes instalados (Semana 10).	79
4.2.7.11. Cargar baterías en pequeños grupos (Semana 11).	80
4.2.7.12. Ensamble del banco de batería (Semana 12).	81

4.2.7.13. Instalación de protecciones a los equipos (Semana 13).	82
4.2.7.14. Pruebas de funcionamiento (Semana 14).	85
4.2.7.15. Instalación de dirección mecánica adquirida (Semana 15).	86
4.2.8. Pruebas realizadas en ruta con el vehículo eléctrico.	86
4.2.8.1. Primera ruta.	87
4.2.8.2. Segunda ruta.	89
4.2.8.3. Tercera ruta.	90
4.2.9. Pruebas realizadas en ruta con el vehículo de combustión.	92
4.2.9.1. Primera ruta.	92
4.2.9.2. Segunda ruta.	93
4.2.9.3. Tercera ruta.	94
4.2.10. Análisis de costos.	96
CAPÍTULO V.	100
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	100
5.1. Conclusiones.	101
5.2. Recomendaciones.	102
CAPÍTULO VI.	104
BIBLIOGRAFÍA.	104
CAPÍTULO VII.	112
ANEXOS.	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparativa de diferentes vehículos eléctricos.	19
Tabla 2. Componentes a remover del vehículo.	41
Tabla 3. Datos de los nuevos componentes del sistema de propulsión eléctrico.	54
Tabla 4. Especificaciones del vehículo eléctrico convertido.	55
Tabla 5. Datos del motor eléctrico.	59
Tabla 6. Tabla comparativa del consumo energético.	95
Tabla 7. Costos de materia prima.	97
Tabla 8. Materiales y herramientas.	98
Tabla 9. Gasto de movilidad de un vehículo eléctrico y uno de combustión.	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Contaminación ambiental producida por los gases de los vehículos.	9
Figura 2. Vehículos eléctricos producidos por la marca Mercedes Benz y Toyota.	10
Figura 3. Vehículo eléctrico Edison Baker fabricado por Thomas Edison.	11
Figura 4. Esquema representativo de los componentes de una celda de batería.	12
Figura 5. Comparativo de potencia nominal (MW) del 2012 - febrero del 2022.....	13
Figura 6. Motor eléctrico de inducción o asíncrono.....	17
Figura 7. Motor síncrono de imanes permanentes.....	18
Figura 8. Vehículo eléctrico de batería.....	20
Figura 9. Vehículo eléctrico de pila de combustible.	21
Figura 10. Vehículo híbrido.	22
Figura 11. Componentes del vehículo eléctrico.	23
Figura 12. Motor eléctrico Tesla.	24
Figura 13. Partes del motor eléctrico.....	25
Figura 14. Convertidor DC- DC.....	26
Figura 15. Batería de ion-Litio.	27
Figura 16. Batería de plomo ácido.	28
Figura 17. Batería de Níquel-Zinc.....	29
Figura 18. Batería de Litio hierro fosfato.....	31
Figura 19. Característica de carga de voltaje versus tiempo.	32
Figura 20. Curva de descarga de diferente tasa.....	32
Figura 21. Supercondensadores.....	33
Figura 22. Conector tipo 2.....	35
Figura 23. Conector tipo 3.....	36
Figura 24. Conector tipo 4.....	36
Figura 25. Electrolinera ubicada en la ciudad de Guayaquil.....	37
Figura 26. Vehículo del proyecto Datsun 1500.....	40
Figura 27. Componentes del vehículo de combustión interna.	41
Figura 28. Ficha técnica del Buggy.....	42
Figura 29. Motor DC de imanes permanentes.....	43
Figura 30. Batería Ultracell.....	43
Figura 31. Sistemas de transmisión por cadena.	44
Figura 32. Ubicación de la parroquia Selva Alegre.	47

Figura 33. Modelo en Simulink del vehículo eléctrico.	61
Figura 34. Ciclo de conducción.	62
Figura 35. Parámetros del vehículo.	62
Figura 36. Parámetro del diámetro de la rueda (neumático).	63
Figura 37. Parámetros de la transmisión (grupo reductor de engranes).	63
Figura 38. Parámetro del motor eléctrico.	64
Figura 39. Parámetros del banco de baterías.	64
Figura 40. Resultados generados por los Scope.	66
Figura 44. Vehículo del proyecto de investigación.	67
Figura 45. Desinstalación del motor de combustión interna.	68
Figura 46. Desinstalación de componentes de transmisión y tambores delanteros.	68
Figura 47. Desinstalación sistema de escape y tanque de combustible.	69
Figura 48. Desinstalación de la suspensión posterior y el diferencial.	69
Figura 49. Desinstalación de pedales y dirección mecánica.	70
Figura 50. Desinstalación de asientos.	70
Figura 51. Traslado de los equipos.	71
Figura 52. Revisión de las celdas de batería.	72
Figura 53. Balanceo del voltaje de las celdas.	72
Figura 54. Conexión del BMS y los equalizadores.	73
Figura 55. Revisión de los componentes.	73
Figura 56. Conexión de los cables del tablero.	74
Figura 57. Conexión del BMS y las celdas.	74
Figura 58. Comprobación del funcionamiento del BMS.	75
Figura 59. Construcción de bases para el banco de batería.	75
Figura 60. Recubrimiento para la caja de la batería.	76
Figura 61. Instalación del motor eléctrico en el diferencial.	76
Figura 62. Instalación del cargador y convertidor.	77
Figura 63. Instalación de dirección electroasistida.	77
Figura 64. Instalación de pedal de aceleración y tablero.	78
Figura 65. Instalación de barras de torsión y suspensión delantera.	78
Figura 66. Instalación de suspensión y diferencial.	79
Figura 67. Instalación de conexiones eléctricas para cargar las baterías.	80
Figura 68. Módulo de control de las baterías.	80
Figura 69. Conexión del motor, controlador, acelerador y el banco de batería.	81

Figura 70. Instalación del nuevo sistema de frenos.....	82
Figura 71. Instalación de controles dentro de la cabina.	82
Figura 72. Elaboración de soporte para el controlador.....	83
Figura 73. Fijación del diferencial.	83
Figura 74. Instalación de la batería.....	84
Figura 75. Instalación del controlador.....	84
Figura 76. Conexión de cables.	85
Figura 77. Primera prueba del funcionamiento del vehículo eléctrico.....	85
Figura 78. Segunda prueba del funcionamiento del vehículo eléctrico.....	86
Figura 79. Rutas de la experimentación.	87
Figura 80. Primera ruta de prueba.	87
Figura 81. Promedio de pendientes.	88
Figura 82. Potencia vs distancia de la primera ruta con vehículo eléctrico.	88
Figura 83. Segunda ruta de prueba.	89
Figura 84. Promedio de pendientes en la segunda ruta.	89
Figura 85. Potencia vs distancia de la segunda ruta con vehículo eléctrico.....	90
Figura 86. Tercera ruta de prueba.....	90
Figura 87. Promedio de las pendientes de la tercera ruta.	91
Figura 88. Potencia vs distancia de la tercera ruta con vehículo eléctrico.	91
Figura 89. Potencia vs Distancia de la primera ruta con vehículo de combustión.....	93
Figura 90. Potencia vs Distancia segunda ruta con vehículo de combustión.....	93
Figura 91. Potencia vs Distancia tercera ruta con vehículo de combustión.	94

ÍNDICE DE ECUACIONES

EC.1. Velocidad de sincronismo de la máquina	17
EC.2. Relación masa y potencia.....	39
EC.3. Potencia de tracción requerida para la velocidad máxima.....	55
EC.4. Potencia de tracción requerida para la aceleración	56
EC.5. Potencia de tracción requerida para la pendiente máxima.....	56
EC.6. Potencia mecánica.....	58
EC.7. Potencia eléctrica de la máquina.....	58
EC.8. Relación de engranes	59
EC.9. Velocidad de desplazamiento	60
EC.10. Número de celdas en serie	60
EC.11. Capacidad de la batería.....	61
EC.12. Masa máxima del vehículo	95

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Tratamiento de los datos.	113
ANEXO 2. Plan de mantenimiento.....	116
ANEXO 3. Resultados de pruebas de rutas con el vehículo eléctrico.	118
ANEXO 4. Resultados de pruebas de rutas con el vehículo de combustión.....	120

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	Diseño e implementación de un tren de potencia eléctrico en un vehículo de carga liviana para la mejora de eficiencia energética del sistema.			
Autor:	Acosta Gonzales Jeshua Emanuel, Santander Benalcazar Edison Xavier			
Palabras Clave	Movilidad eléctrica	Propulsión eléctrica	Vehículo eléctrico	Potencia electromotriz
Fecha de publicación:	07-mar-2023			
Editorial:	Quevedo: UTEQ, 2022-2023			
Resumen:	<p>Resumen .- En el presente proyecto de investigación se buscó determinar los pasos para realizar el cambio del sistema de combustión interna de una camioneta Datsun del año 1977, por un sistema de propulsión eléctrico. El proceso de conversión eléctrica se realizó con el objetivo de eliminar totalmente los gases que se generan por la combustión del motor cuando está en funcionamiento. Se aplicó el método experimental en donde previamente se realizaron los cálculos fundamentales para determinar potencias, capacidad energética de los componentes principales. Es fundamental considerar las condiciones de límite de velocidad urbana, masa propia del vehículo con dos ocupantes, masa útil de carga y grados de inclinación de una pendiente máxima. Finalmente se realizaron las pruebas de rutas en la ciudad de Otavalo, parroquia Selva Alegre, con un total de distancia recorrida de 20,98 km, se obtuvo que el pico de potencia más alto de las tres rutas fue de 4,87 kW y la velocidad máxima a la que se desplazó el vehículo fue de 59 km/h. También por medio de la aplicación de encuestas se pudo determinar el nivel de aceptación e interés del proyecto por parte de las personas encuestadas.</p> <p>Abstract .- In this research project we sought to determine the steps to change the internal combustion system of a 1977 Datsun pickup truck for an electric propulsion system. The electrical conversion process was carried out with the objective of totally eliminating the gases generated by the combustion of the engine when it is in operation. The experimental method was applied, where the fundamental calculations were previously carried out to determine the power and energetic capacity of the main components. It is essential to consider the conditions of urban speed limit, own mass of the vehicle with two occupants, useful load mass and degrees of inclination of a maximum slope. Finally, the route tests were carried out in the city of Otavalo, Selva Alegre parish, with a total distance traveled of 20.98 km, the highest peak power of the three routes was 4.87 kW and the maximum speed at which the vehicle traveled was 59 km/h. Also, through the application of surveys, it was possible to determine the level of acceptance and interest in the project on the part of the people surveyed.</p>			
Descripción:	149 hojas: dimensiones 29 x 21 cm + CD-ROM 6162			
URI:				

GLOSARIO DE TÉRMINOS Y FÓRMULAS

TERMINOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
%	Porcentaje
A	Amperio.
A_f	Área frontal.
Ah	Amperio hora.
Cv	Consumo del vehículo.
C_x	Coefficiente de resistencia aerodinámica.
Dc	Distancia recorrida.
Dr	Diámetro de la rueda.
E_b	Capacidad nominal de la batería.
Ebmax	Capacidad máxima de la batería.
f	Frecuencia.
fr	Coefficiente de rodadura.
g	Gravedad.
Gr	Relación de engranes.
Hz	Hertzios.
kg	Kilogramo.
km	Kilómetro.
kW	Kilovatio.
kWh	Kilovatio hora.

m	Masa.
m	Metro.
m^2	Metro cuadrado.
N_c	Número de celdas en serie.
n_{EM}	Eficiencia de la máquina eléctrica.
n_j	Eficiencia de la transmisión.
$^\circ$	Grados.
P	Números de pares de polos que tiene la máquina.
PEM	Potencia eléctrica de la máquina.
PEM_{mec}	Potencia mecánica.
$P_{t_{ace}}$	Potencia de aceleración.
$P_{t_{slp}}$	Potencia de tracción en pendiente máxima.
$P_{t_{vel}}$	Potencia de tracción de velocidad máxima.
Rpm	Revoluciones por minuto.
s	Segundos.
t_a	Tiempo de aceleración.
V	Voltaje.
V_b	Velocidad base.
V_f	Velocidad final.
V_{max}	Voltaje máximo.
V_n	Voltaje nominal.

V_t	Voltaje total.
γ_m	Factor de masa.
θ	Ángulo de pendiente.
ρ	Densidad del aire.
$\frac{m}{s^2}$	Metros sobre segundos al cuadrado.

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador los vehículos que circulan funcionan por medio de un motor de combustión interna, su proceso de trabajo inicia cuando la mezcla de aire combustible ingresa a los cilindros del motor por medio de las válvulas de admisión, posteriormente es quemado en el proceso de explosión. Como resultado se producen los gases residuales que son evacuados por las válvulas de escape, estos gases son contaminantes para la atmósfera y el medio ambiente.

Este proyecto consistió en realizar el cambio del sistema de combustión interna de una camioneta Datsun del año 1977, por un sistema de propulsión eléctrico, esto se planteó con el fin de eliminar los gases que se producen por la combustión del motor durante su funcionamiento. Logrando darle una segunda oportunidad al vehículo para que pueda circular en el área urbana sin que genere contaminación ambiental y no perjudique a las personas.

Se aplicaron los cálculos para determinar la potencia que necesitaría el motor para una velocidad máxima determinada, para una potencia de aceleración y la potencia que se requiere para una pendiente máxima establecida. Se definió la masa máxima que transportaría el vehículo eléctrico. Se utilizó el software Matlab en el entorno Simulink para obtener resultados del comportamiento del sistema bajo un ciclo de conducción urbano NEDC.

Para instalar los componentes del sistema eléctrico, previamente en la camioneta se debe desmontar el motor, la caja de cambios, el árbol de transmisión, el depósito de combustible, entre otros elementos. Se procede con la instalación de cada uno de los componentes como el motor eléctrico, la batería, cargador y los demás elementos del sistema. Por último, se realizarán pruebas de funcionamiento del sistema para verificar su rendimiento.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de Investigación.

1.1.1. Planteamiento del problema.

El parque automotor se caracteriza principalmente por un elevado consumo de combustibles fósiles y esto conlleva a un fuerte impacto ambiental. El cambio hacia los vehículos eléctricos ayudaría a mejorar la calidad del aire, debido a que estos vehículos no utilizan ningún tipo de combustible fósil. El coche eléctrico se presenta como una de las vías esenciales para conseguir una eficiente conversión energética. En el vehículo eléctrico el mantenimiento que requiere es menos frecuente, obteniendo un ahorro económico. En un promedio de 100 kilómetros de recorrido al día, se gasta alrededor de 45 dólares mensuales de costo energía eléctrica, es un valor significativo en comparación con el consumo de combustible que está alrededor de los 150 dólares con el mismo recorrido en un mes y mantenimiento de un automóvil convencional que se realiza periódicamente (cambio de aceite, de filtro de aire, bujías, banda de distribución, filtro combustible, entre otros).

La conversión de vehículos a eléctricos son regularmente autos de combustión interna clásicos o recientes que durante su funcionamiento emiten gases residuales como el dióxido de carbono, monóxido de carbono. Los contaminantes mencionados anteriormente son perjudiciales para el medio ambiente y las personas que están en los alrededores, a estos vehículos son los que sus dueños han decidido darles una segunda vida útil de una manera ecológica y a su vez son utilizados en su vida diaria, para trabajos de carga.

Se considera instalar un sistema eléctrico con una potencia máxima de 50 kW, batería de 18 kWh la cual será de litio hierro fosfato, también contará con un cargador de 3,3 kW el cual estaría cargando de 0 a 100% aproximadamente en cinco horas. Con todo este sistema el vehículo operará en mejores condiciones en las que se encontraba funcionando por muchos años y así se eliminará las emisiones de CO₂, siendo completamente ecológico.

1.1.1.1. Diagnóstico.

En la actualidad el parque automotor la gran mayoría son vehículos de combustión interna que debido al funcionamiento generan contaminaciones ambientales. El incremento del precio en el combustible y de los productos de mantenimiento del vehículo de combustión

son factores que aumentan el costo de movilización. El proceso de conversión es una alternativa para la utilización de vehículos eléctricos, el proceso de conversión puede tardar de 10 a 15 días.

En el Ecuador existe la institución del Consejo Nacional de Competencias (CNC), busca el uso de vehículos eléctricos a través de incentivos, El proyecto de ley económico del año 2018 propone beneficios tributarios para los vehículos híbridos y eléctricos. Estos beneficios son: pago de tarifa 0% del IVA al realizarla compra del vehículo, tarifa cero de IVA para las baterías y los cargadores, exención del pago del impuesto a los consumos especiales (ICE), por último, un descuento del 10% sobre el valor del vehículo tras aplicar el ICE.

1.1.1.2. Pronóstico.

Con la conversión de un vehículo se pretende disminuir la contaminación en la movilización auditiva, ambiental que es emitida directamente a la atmósfera, reducir gastos en mantenimiento y movilización. La energía eléctrica que recarga las baterías es de fuentes renovables la movilidad será completamente ecológica, en cuanto la parte económica tendrá un costo entre 1,5 a 2 dólares a comparación de los vehículos a combustión interna recorren la misma distancia gastando alrededor de 5 dólares.

Al tener incentivos para la utilización de vehículos eléctricos, se puede obtener una conversión vehicular, debido que es la manera de movilizarse en un auto ecológico, teniendo las mismas ventajas de uno convencional, como es la fácil adquisición de repuestos secundarios.

1.1.2. Formulación del problema de investigación.

Las pérdidas energéticas en los vehículos de combustión interna son muy altas y debido a que la mayoría de las pérdidas están en los gases de escape, las emisiones que producen los vehículos al estar el motor en marcha contaminan directamente la atmósfera. En la actualidad existen los vehículos eléctricos, pero sus precios son elevados, es ahí donde nace la necesidad de tener un vehículo ecológico realizando la conversión de un auto convencional a eléctrico, obteniendo beneficios en la eficiencia energética no generar gases contaminantes

al medio ambiente ahorro económico en la movilidad, requieren muy poco mantenimiento, reducen la contaminación acústica y tienen frenos regenerativos.

1.1.3. Sistematización del problema.

¿Qué parámetros se debe considerar al convertir un vehículo convencional a ser completamente eléctrico?

¿Cuáles son las principales ventajas que tiene una conversión de un vehículo convencional a ser 100% eléctrico?

¿Cómo se puede prolongar la vida útil de una batería en un vehículo convertido a eléctrico?

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo General.

Diseñar e implementar un tren de potencia eléctrico en un vehículo de carga liviana para la mejora de eficiencia energética del sistema de tracción.

1.2.2. Objetivos Específicos.

- Seleccionar los componentes de acuerdo a los requerimientos del sistema de propulsión eléctrica como aceleración, velocidad y pendiente máxima.
- Analizar el funcionamiento de la camioneta bajo el ciclo de conducción estandarizado y experimental mediante Matlab-Simulink.
- Calcular la autonomía en rutas por medio de pruebas de funcionamiento del tren de potencia eléctrico.
- Comparar los costes respecto al consumo de energía que puede conllevar la utilización de los trenes de potencia eléctrica frente a los convencionales.

1.3. Justificación.

Este proyecto de investigación está enfocado en eliminar el gasto que se produce por la compra de combustible fósil para el funcionamiento de los vehículos de combustión interna. En la actualidad el precio de las gasolinas y del Diésel han tenido un incremento significativo el cual afecta directamente a la economía de los usuarios. En comparación con el consumo de la energía eléctrica resulta más económico, porque con \$ 1,5 se puede cargar la batería para un recorrido aproximado de 100 km. De igual manera se eliminará las emisiones que contaminan el aire como el óxido de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO), óxido de azufre (SO_x) que son perjudiciales para la salud y que pueden provocar la muerte. Con esto cumpliría con los controles de emisiones de gases que rigen en el Ecuador y conforme a la Resolución 003 del Consejo Nacional de Competencias (CNC) 2022 en el artículo 15, punto 4 que menciona lo siguiente “Desarrollar las políticas y normas, para la promoción e impulso de la movilidad eléctrica o cero emisiones, mediante incentivos de tipo económico, tributario o arancelario”.

Los vehículos eléctricos se presentaron años atrás, pero en el año 2016 en el Ecuador se puso en venta al público el primer vehículo eléctrico de la marca KIA. En la actualidad se encuentra presente en el país diferentes marcas de ventas de vehículos eléctricos, siendo la más popular la marca BYD, vendiendo autobuses y vehículos livianos. Uno de los inconvenientes de los vehículos eléctricos de fábrica es su elevado costo de adquisición, siendo una alternativa económica la conversión de los vehículos convencionales. En promedio un vehículo convencional de uso común como el KIA RIO tiene un valor de \$ 19000, vehículo eléctrico BYD E5 ronda en los \$ 34000, una conversión del vehículo de combustión interna a eléctrico en el Ecuador tiene un costo de \$ 16000. Para la elaboración de este proyecto se plantea utilizar componentes de buena calidad y de tecnologías recientes como son los motores eléctricos y baterías de nuevas generaciones, brindando un mejor desempeño y mayor vida útil del kit eléctrico.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco teórico.

2.1.1. Necesidad de energías alternativas.

En los motores de combustión interna existe una fase o etapa denominada explosión en donde tiene lugar la combustión de hidrocarburos y esto crea el vapor de agua (H_2O) y el dióxido de carbono (CO_2) como residuos principales. También se producen residuos tóxicos en menores cantidades como los hidrocarburos (H_xC_y), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x), entre otros. En la Figura 1 muestra el alto flujo vehicular que se incrementa en la ciudad de Quito.

Figura 1. Contaminación ambiental producida por los gases de los vehículos.



FUENTE: EL COMERCIO, 2021 [1].

La emanación de dióxido de carbono en niveles muy altos hacia la atmósfera ocasiona el crecimiento del efecto invernadero y al mismo tiempo se eleva la temperatura media del planeta. Debido a estos efectos negativos en el planeta, las administraciones de todo el mundo están tomando medidas para contrarrestar estos problemas ambientales con la implementación de normativas cada vez más inflexibles con la producción de CO_2 y de otros gases tóxicos que son causados por el parque automotriz. Con estas normativas obligan a los fabricantes a implementar tecnologías que abarcan otras fuentes de energía menos contaminantes para la propulsión del vehículo, por ejemplo: motores eléctricos de tracción, pilas de combustible, recuperadores de energía, placas fotovoltaicas, baterías de alta tensión, ultracondensadores, entre otros. En la actualidad ya están implementando esta nueva tecnología, las marcas automotrices que se están involucrando en este auge tecnológico son:

Mercedes, Toyota, Tesla, Mitsubishi, Honda, Lexus, entre otros, son algunos ejemplos de vehículos que ya están circulando con estas nuevas tecnologías, también los fabricantes anuncian de nuevas presentaciones de vehículos híbridos, eléctricos o con pila de hidrógeno de forma inminente [2]. En la Figura 2 se presenta el vehículo eléctrico Mercedes-Benz EQA que tiene 215 kW de potencia y una autonomía de 486 km por carga completa [3], el vehículo eléctrico de la marca Toyota bZ4X con una potencia de 150 kW y una autonomía de 460 y 500 km por carga completa [4].

Figura 2. Vehículos eléctricos producidos por la marca Mercedes Benz y Toyota.



FUENTE: MERCEDES-BENZ EQA, 2021 [5]; MOTORPASION, 2019 [6].

2.1.2. ¿Qué es un Vehículo Eléctrico?

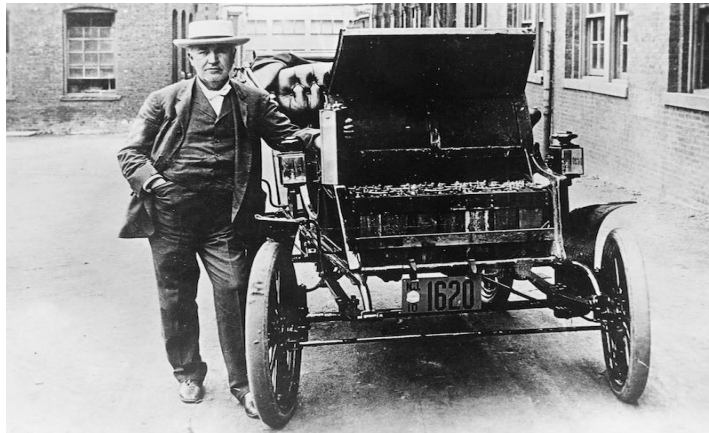
Un automóvil eléctrico es aquel vehículo que tiene un sistema de propulsión que es por medio de uno o más motores eléctricos y en su configuración pueden ser conectados en serie o paralelo, estas máquinas utilizan la energía eléctrica que normalmente se encuentra almacenada en baterías o extraída de otro dispositivo de almacenamiento [7].

2.1.2.1. Historia de la electrificación.

Los sistemas de transporte se involucraron en la movilidad eléctrica a finales del siglo XIX, los vehículos eléctricos presentaron una primera desventaja en cuanto a la limitada distancia de recorrido, por esta causa se produjo el cambio a los automóviles de gasolina, por lo que tienen la ventaja de mayor autonomía. Aproximadamente después de 100 años, se está retomando el diseño, producción y venta de los vehículos eléctricos, pero ahora con una visión distinta y más amplia de la movilidad: eléctrica, conectada y autónoma [8].

En muchas ocasiones se piensa que el coche eléctrico es una creación de la civilización avanzada que lucha contra la contaminación, pero en realidad tiene más de cien años de antigüedad. Tiene mayor tiempo que los vehículos de propulsión de combustión. Como muchos otros inventos, su autoría no está muy clara. Se tienen indicios que el escocés Robert Anderson fue quien desarrolló el primer prototipo de transporte eléctrico en el período comprendido entre 1832-1839. Andreas Flocken un ingeniero alemán construyó el primer coche eléctrico con cuatro ruedas en 1888. Un poco antes, en la Exposición Internacional de la Electricidad de París en 1881 se había presentado el primer automóvil eléctrico de tres ruedas. En el año 1897 en las ciudades de Nueva York y Filadelfia surgieron los taxis eléctricos. Al término del siglo, el automóvil eléctrico “Jamais contente” fabricado en Francia en el año 1899, consigue por primera vez la velocidad de 100 km/h. Al principio del siglo XX, los vehículos eléctricos estaban presentes en un 28% del mercado total de EE.UU. Los automóviles eléctricos alcanzaron la cifra de 30.000 unidades en el año 1912. En la Figura 3 muestra el primer motor eléctrico en un carro diseñado por Thomas Davenport en el año 1834 en EE.UU. [7].

Figura 3. Vehículo eléctrico Edison Baker fabricado por Thomas Edison.



FUENTE: ECOINVENTOS GREEN TECHNOLOGY, 2018 [9].

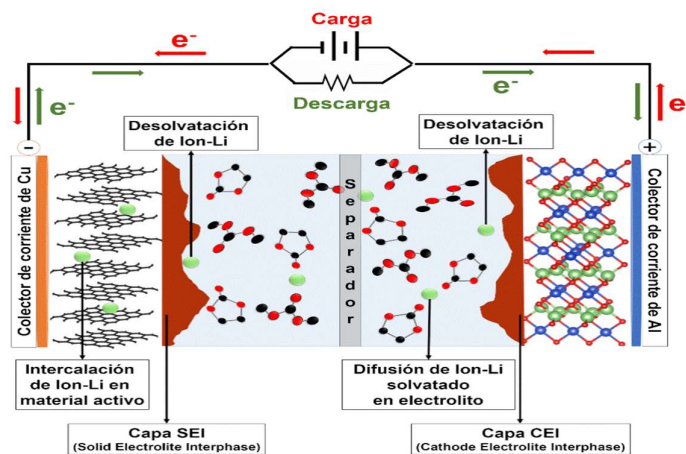
2.1.3. Generación eléctrica en vehículos eléctricos.

Una celda de batería funciona por medio de una reacción electroquímica de reducción y oxidación, denominada como Redox. Esta reacción se fundamenta mediante la interacción de los dos polos produciéndose un intercambio de electrones para la transferencia de energía, generando una oxidación de los materiales [10].

Los polos se encuentran sumergidos en una mezcla electrolítica y cada uno de ellos, al tener cargas distintas, reaccionan de manera contraria, mientras el ánodo se oxida por la liberación de electrones, el cátodo disminuye su oxidación debido a la recuperación de electrones [10].

La circulación de electrones de un polo a otro sucede a través del circuito eléctrico al que esté conectado. Los polos alcanzan su límite al momento que el cátodo está cargado de electrones y el ánodo los pierde y se oxida totalmente [10]. Cuando una batería se descarga se procede a cargarla nuevamente alimentándose con corriente eléctrica de la red. El proceso se finaliza cuando se restablece la diferencia química de sus celdas, estando lista para proporcionar la energía almacenada [10]. En la Figura 4 se observa el proceso electroquímico interno de las celdas.

Figura 4. Esquema representativo de los componentes de una celda de batería.



FUENTE: PREMIO NOBEL DE QUÍMICA 2019, 2020 [10].

Principalmente la energía que utilizan los vehículos eléctricos enchufables proviene de la red pública de electricidad, esta energía puede ser renovable o no renovable.

2.1.3.1. Energía renovable.

Se utiliza como fuente de energía principal recursos naturales que no se agotan con el tiempo, por ejemplo, el sol, el viento, el agua, la biomasa. Otra característica de este tipo de energía es que durante la producción de electricidad no producen gases contaminantes de efecto invernadero que afecta el cambio climático y tampoco utilizan combustibles fósiles [11].

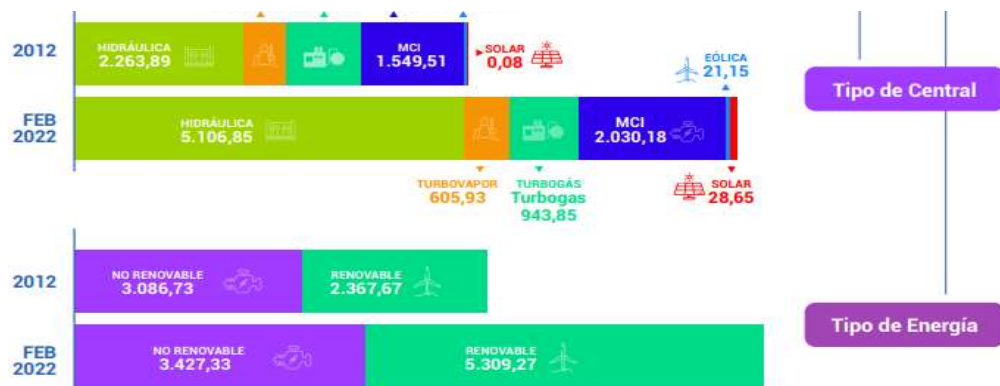
2.1.3.2. Energía no renovable.

Los recursos que utilizan son limitados, es decir conforme se consumen disminuyen las reservas y esto provoca mayor dificultad para la extracción y un aumento en el costo. Dentro de este tipo de energía está el petróleo, el gas natural, el carbón y la energía nuclear [12]. Los efectos negativos de este tipo de energía es que durante la producción y el uso se generan altos niveles de contaminación que se expulsa a la atmósfera, esto influye en gran manera en el cambio climático y a la vez generan residuos no biodegradables [13].

En Ecuador se obtiene la electricidad por medio de diferentes centrales que están clasificadas de acuerdo al tipo de energía, en el periodo del 2011 al 2021 la presencia de las fuentes renovables en la producción de energía primaria fue menor que la del gas natural y el petróleo. Pero la producción de energía renovable logró un incremento del 87.6 %, esto es el resultado del crecimiento de la generación hidroeléctrica [14].

En la Figura 5 se observa la potencia nominal producida a nivel nacional por cada una de las centrales y por el tipo de energía. En el año 2022 las centrales hidráulicas generaron la mayor cantidad de potencia por ende mayor producción de energía eléctrica renovable.

Figura 5. Comparativo de potencia nominal (MW) del 2012 - febrero del 2022.



FUENTE: AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES [15].

La energía producida por las centrales es la que es transferida a la red pública de electricidad, el vehículo eléctrico es conectado al tomacorriente de una casa o de una electrolinera para recargar las baterías. La energía almacenada en las baterías es transformada por el convertidor de corriente continua a corriente alterna y posteriormente enviada al motor

eléctrico para su funcionamiento y así continuar con el recorrido o con la utilización diaria del vehículo.

2.1.3.3. Tipos de motores eléctricos.

Los motores eléctricos se clasifican en dos grupos dependiendo del tipo de corriente ya sea continua o alterna.

2.1.3.3.1. Motores de corriente continua y alterna.

El motor de corriente continua (DC) utiliza la corriente eléctrica que le es suministrada en un solo sentido de manera continua. El motor está compuesto en su interior por una armadura que es la bobina enrollada en el núcleo de hierro (llamada inducido) [7]. Una vez que la corriente continua se conecta a las escobillas, éstas son capaces de proporcionar la corriente al colector el cual tiene conexión con el conmutador de la armadura. Para comprender mejor, el conmutador es un elemento que actúa como un interruptor que cambia la dirección del flujo de corriente en la bobina según el giro de esta [8].

La corriente eléctrica circula de la fuente al motor por medio de la bobina pegada al conmutador y retorna a la fuente en un ciclo ininterrumpido. Los cables de la bobina que se encuentran sometidos a la circulación de la corriente experimentan un campo electromagnético por causa de la polaridad de la corriente, esto a su vez genera una fuerza en la presencia del campo magnético. Este efecto produce fuerzas de repulsión y atracción entre los polos magnéticos generados por la bobina en la zona del rotor y la bobina de campo que pertenece al estator, esto produce una media vuelta de la bobina en el interior del devanado inducido que es completada más adelante.

Debido a que el conmutador varía cada media vuelta el sentido de circulación de la corriente, alterando a su vez las polaridades del conductor lo que posibilita completar el ciclo de giro ya que las polaridades de este y las del campo magnético generado en el estator coinciden cada vez que la corriente circula [14]. Este ciclo es repetitivo dando como resultado un movimiento continuo del inducido (rotor). Por último, por medio de sistemas mecánicos se transmite la energía mecánica a otros dispositivos para producir trabajo o movimiento [15].

Uno de los inconvenientes de los motores de corriente continua es que son más complejos que los de AC y de que sólo pueden ser alimentados a través de equipos rectificadores. Como ventajas poseen un par de arranque elevado, su velocidad se puede regular sin complicaciones y con un amplio rango, esto lo caracteriza como excelente opción para aplicaciones donde sea fundamental el control y la regulación [16].

2.1.3.3.2. Aplicaciones de los motores DC.

Debido a sus características, los motores de corriente continua pueden ser empleados en numerosas aplicaciones, algunas de las más importantes son las siguientes:

- 1) máquinas operatrices en general
- 2) bombas a pistón
- 3) torques de fricción
- 4) herramientas de avance
- 5) tornos
- 6) bobinadoras
- 7) fresadoras
- 8) máquinas de molienda
- 9) máquinas textiles
- 10) grúas y guinches, pórticos, vehículos de tracción, prensas, máquinas de papel, tijeras rotativas, industria petroquímica y química, industrias siderúrgicas, hornos, separadores, extractores y cintas transportadoras para la industria de cemento y otras.

2.1.3.3.3. Motores de corriente alterna.

Las máquinas de AC tienen características fundamentales entre ellas es que son generadores que convierten energía mecánica en energía eléctrica de AC y también pueden ser motores que convierten energía eléctrica de AC en energía mecánica. Los principios básicos de funcionamiento de las máquinas de corriente alterna son muy sencillos, pero, lamentablemente tienen complicaciones al momento de construir las máquinas a escalas reales.

Existen dos clases principales de máquinas de AC: las máquinas síncronas y las máquinas de inducción (también denominadas máquinas asíncronas). Las máquinas síncronas son motores y generadores cuya corriente del campo magnético es suministrada por una fuente de potencia corriente alterna externa, por otra parte, las máquinas de inducción son motores y generadores la corriente del campo magnético se proporciona a sus devanados de campo mediante la inducción magnética (acción transformadora). La mayor parte de las máquinas síncronas y de inducción tienen sus circuitos de campo localizados en los rotores [17].

2.1.3.3.4. Aplicación de los motores de corriente alterna.

- Minería (cintas transportadoras, chancadoras, molinos y otros).
- Siderurgia (bombas, laminadores, ventiladores y compresores).
- Papel y celulosa (desfibradoras, extrusoras, picadoras, refinadoras y compresores).
- Saneamiento (bombas).
- Química y petroquímica (compresores, ventiladores, extractores y bombas).
- Cemento (cintas transportadoras, molinos y chancadoras).
- Goma (mezcladoras, extrusoras y molinos).
- En diferentes aplicaciones que necesitan una velocidad constante no muy elevada.
- Transmisión de energía (compensadores sincrónicos) [18].

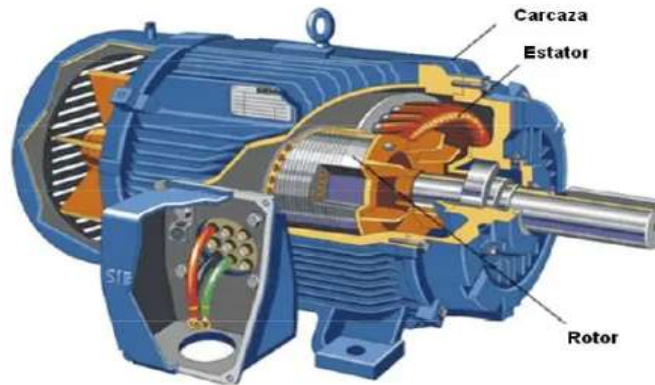
2.1.3.3.5. Motor de inducción o asíncronos.

El motor asíncrono de inducción tiene su funcionamiento basado en la acción del flujo giratorio producido en el circuito estatórico sobre las corrientes inducidas por el flujo en el circuito del rotor. El flujo rotacional creado por el bobinado estatórico separa los conductores del rotor, por lo que se originan fuerzas electromotrices inducidas. Al cerrar el bobinado rotórico, sus conductores serán recorridos por corrientes eléctricas. La acción asociada del flujo giratorio y las corrientes presentes en los conductores del rotor crean fuerzas electrodinámicas encima de los propios conductores que arrastran al rotor produciendo movimiento giratorio (Ley de Lenz).

En los motores asíncronos de inducción la velocidad de giro del rotor siempre es menor a la velocidad del sincronismo (velocidad del flujo giratorio). Para que se produzca la fuerza electromotriz en los conductores del rotor debe existir un movimiento relativo entre los

conductores y el flujo giratorio. Se conoce como deslizamiento a la diferencia entre la velocidad del flujo giratorio y del rotor [19]. En la Figura 6 se presenta un esquema de los principales componentes de un motor eléctrico de inducción.

Figura 6. Motor eléctrico de inducción o asíncrono.



FUENTE: MÁQUINAS E INSTALACIONES ELÉCTRICAS, 2010 [20].

2.1.3.3.6. Motor síncrono de imanes permanentes.

Para transformar la potencia eléctrica en potencia mecánica de rotación se emplean los motores síncronos, los cuales son ideales para este proceso. Como principal característica de este tipo de motores es que trabajan a velocidad constante que depende únicamente de la frecuencia de la red y de otros factores constructivos de la máquina. Cuando no se tiene implementado un sistema automático de arranque en los motores síncronos, se requiere realizar maniobras especiales para ponerlo en funcionamiento. Al trabajar de forma sobreexcitada el motor síncrono tiende a consumir potencia reactiva y mejora el factor de potencia. La velocidad sincrónica depende de: la frecuencia de voltaje aplicado y del número de polos de la máquina. Se expresa por medio de la siguiente relación [18]:

$$n = \frac{60 * f}{p} \quad (1)$$

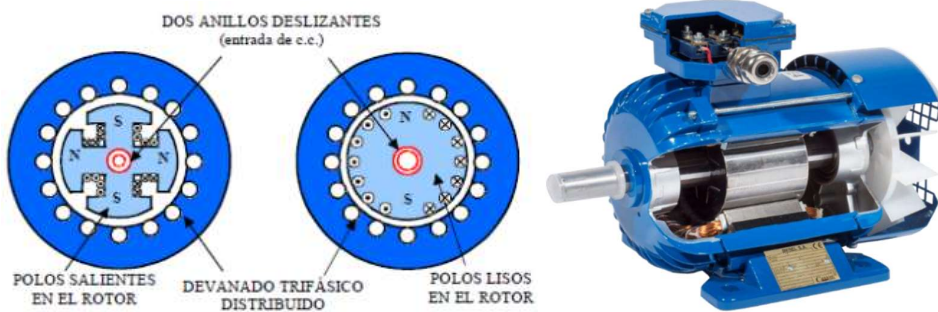
La máquina síncrona es una máquina reversible porque se puede emplear como generador de corriente alterna o como un motor. Está conformado por dos devanados independientes:

a) Un devanado inductor, fabricado en forma de arrollamiento concentrado o repartido en ranuras, suministrado por corriente continua, que da lugar a los polos de la máquina y que se sitúa en el rotor.

b) Un devanado inducido distribuido elaborando un arrollamiento trifásico recorrido por corriente alterna localizado en el estator y se encuentra formado de un componente ferromagnético, comúnmente son de chapas de acero al silicio. La estructura del rotor puede ser de dos formas de polos salientes o de polos lisos como se observa en la Figura si el motor tuviera solo un par de polos [21].

En la Figura 7 se observa los dos tipos de polos en el rotor de un motor eléctrico síncrono.

Figura 7. Motor síncrono de imanes permanentes.



FUENTE: PNGWING, 2018 [22].

2.1.4. Clasificación de los vehículos eléctricos.

Considerando los factores principales como la potencia y los dispositivos de propulsión, los EV presentan una clasificación de diferentes tipos: primero el vehículo eléctrico puro (PEV), segundo el vehículo eléctrico híbrido (HEV), por último, el vehículo eléctrico de pila de combustible (FCEV) (Chan y Chau, 2001; Chau, 2010), 2014). La Tabla 1 muestra un resumen de la clasificación de los distintos vehículos eléctricos. El PEV es suministrado solo por electricidad proveniente de la unidad de almacenamiento de energía, otra característica del PEV es que la propulsión es proporcionada únicamente por un motor eléctrico. El sistema de conducción de HEV combina el motor eléctrico y el motor de combustión, mientras que las fuentes de energía involucran tanto electricidad como gasolina o diésel. El FCEV es

impulsado por un motor eléctrico y puede funcionar directa o indirectamente con hidrógeno, metanol, etanol o gasolina [23].

Tabla 1. Comparativa de diferentes vehículos eléctricos.

Tipos	PEV	VHE	FCEV
Sección de conducción	Máquina eléctrica.	Máquina eléctrica, motor de combustión interna (ICE).	Máquina eléctrica.
Fuentes de energía	Batería, ultracondensador	batería, ultracondensador, unidad ICE	celda de combustible.
Suplementos energéticos	Electricidad y sistema de potencia.	Electricidad y sistema de potencia, estación de gasolina.	Hidrogenuro.

FUENTE: RESEARCHGATE, 2017 [23].

ELABORADO: AUTORES.

El PEV, también conocido como vehículo eléctrico de batería (BEV), la tecnología de la batería influye directamente con la capacidad de almacenamiento de energía. Una ventaja significativa es la emisión de descarga cero del PEV porque la energía eléctrica es proporcionada únicamente desde la batería ensamblada en el vehículo. Por otro lado, las limitaciones en el estado actual de la tecnología de batería a bordo de PEV lo hacen menos atractivo que ICEV bajo el mismo requisito económicos y de conducción. Las baterías con densidades de energía altas tienen un mayor tiempo de funcionamiento y se cargan en menor tiempo, pero con densidades de energía bajas se tiene como resultado un tiempo de carga más extenso. Incluso con tecnologías de carga rápida, se necesitaría aproximadamente una o varias horas para una carga completa. Dentro de los principales retos del PEV están la limitada distancia de recorrido, el alto costo inicial y la falta puntos de carga [24]. Para la instalación de la batería se tiene que establecer el tamaño y la ubicación en el vehículo [25].

En la Figura 8 se presenta un vehículo eléctrico de batería (PEV) de fábrica.

Figura 8. Vehículo eléctrico de batería.



FUENTE: AUTOFACIL,2020 [26].

Este sistema es considerado como vehículo totalmente eléctrico, pero teniendo como característica fundamental que es indispensable su conexión a la red eléctrica para realizar la recarga de las baterías y así contar con suficiente autonomía [27].

2.1.3.4. Ventajas del vehículo eléctrico.

- Mejor eficiencia energética.
- Reducción del consumo de los derivados del petróleo.
- No producen emisiones contaminantes al medio ambiente.
- Los motores no producen ruidos excesivos.
- Actualmente esta tecnología se encuentra disponible. Ya existen vehículos eléctricos circulando en el Ecuador, a diferencia de los propulsados por otras fuentes no contaminantes, como el hidrógeno.
- La energía eléctrica para recargar las baterías se puede conseguir de diferentes formas y de manera ecológica, por ejemplo, las fuentes de la energía solar y la eólica.
- Los costos de mantenimiento se reducen considerablemente porque no tienen un sinnúmero de piezas mecánicas como los vehículos a combustión (no es necesario cambio de aceites, filtros, bandas de transmisión, entre otros).

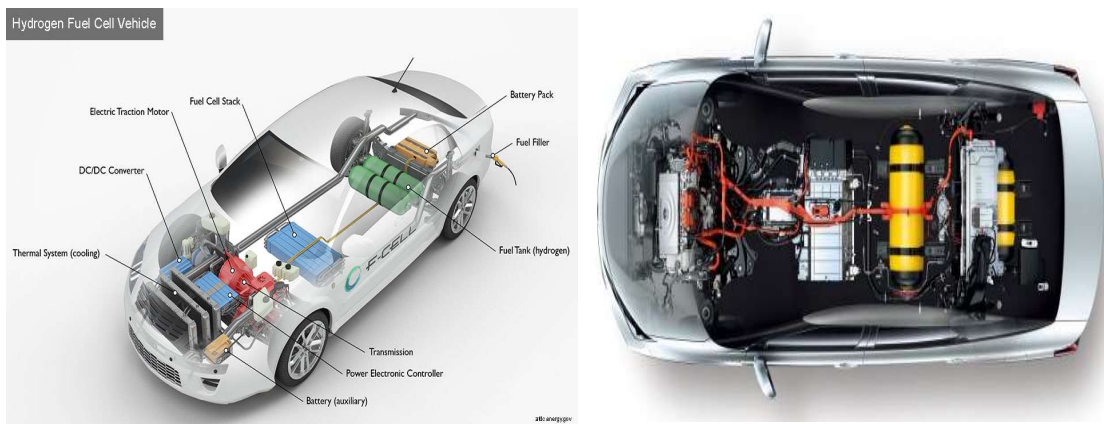
2.1.3.5. Desventajas del vehículo eléctrico.

- Requiere una inversión inicial elevada que dará ganancia al cabo de un periodo largo.
- La estructura industrial actual gira en torno a los combustibles fósiles.

- La autonomía es limitada en comparación con la de un vehículo a combustión.
- El consumo de energía eléctrica aumentará.
- Instalación de una red nueva como los puntos de carga rápida.
- La sociedad está ligada a una cierta falta de seguridad, fiabilidad y de movilidad [7].

El vehículo eléctrico de pila de combustible (FCEV) es interesante debido a las cero emisiones en la carretera. Aún considerando las emisiones totales, que engloban las emisiones de las plantas químicas y de los reformadores en carretera, el FCEV sigue siendo competitivo. La celda de combustible (FC) es el proveedor principal de energía y la tecnología crítica para FCEV es un dispositivo electroquímico que produce energía eléctrica de DC por medio de una reacción química [23]. La Figura 9 muestra un vehículo eléctrico de pila de combustible (FCEV) y sus componentes principales.

Figura 9. Vehículo eléctrico de pila de combustible.

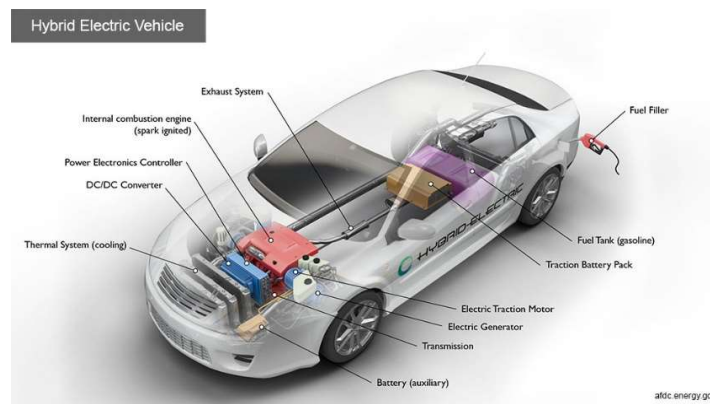


FUENTE: GLPAUTOGAS VEHÍCULO ECO, 2022 [28].

El vehículo híbrido (VHE) está compuesto por un motor de combustión interna y uno o más motores eléctricos, que usan la energía almacenada en las baterías. Los vehículos eléctricos híbridos no se conectan a la red eléctrica para cargar la batería. La recarga de la batería se produce por medio del frenado regenerativo y por el motor de combustión interna. La potencia adicional proporcionada por el motor eléctrico puede potencialmente permitir un motor de combustión más pequeño. La batería también puede alimentar cargas auxiliares y reduce el ralentí del motor cuando se detiene.

La Figura 10 muestra un vehículo eléctrico híbrido (VHE) y sus componentes principales.

Figura 10. Vehículo híbrido.



FUENTE: U.S DEPARTAMENT OF ENERGY, 2019 [29].

2.1.5. Situación actual del desarrollo de la movilidad eléctrica.

De una manera fácil se puede decir que actualmente la movilidad eléctrica se dinamiza por medio de dos factores: las limitaciones de circulación en las grandes ciudades y la apreciación social del conductor hacia el vehículo eléctrico. Por otra parte, a mitad del siglo pasado y a nivel mundial se ha generado una migración de los sectores rurales hacia las zonas urbanas. Esto ha provocado un aumento de población en las ciudades forzando a rediseñar las infraestructuras para el transporte privado y a realizar mejoras a las actuales del transporte público. En muchos países se ha llegado actualmente al límite de capacidad de las infraestructuras para el uso privado, que se ha identificado en dos índices claros: congestión y contaminación.

Estos factores son los que han obligado a que los municipios determinen medidas de control del tránsito vehicular tradicional, por medio de la implantación de restricciones al tráfico, declarado zonas de estacionamiento restringido o controlado y la construcción de peajes por la aglomeración vehicular [8].

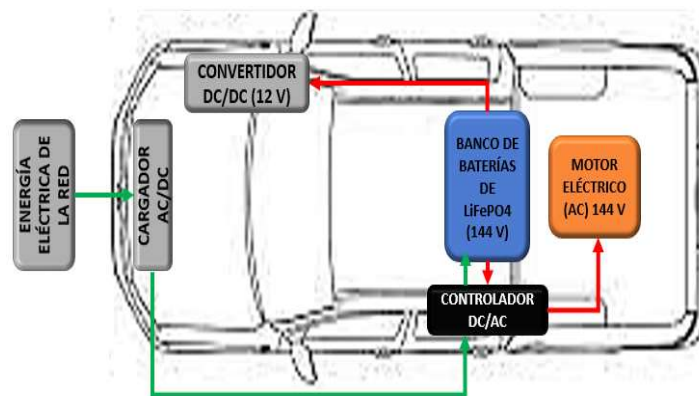
2.1.6. Componentes de los vehículos eléctricos.

En el presente estudio, los componentes del vehículo eléctrico que fueron utilizados son los siguientes:

- 1) Motor eléctrico trifásico AC de 20 kW.
- 2) Baterías de LiFePO₄.
- 3) Controlador DC/AC.
- 4) Convertidor DC/DC.
- 5) Cargador AC/DC.

La Figura 11 es un esquema representativo de los componentes que se instalaron en el vehículo Datsun 1500.

Figura 11. Componentes del vehículo eléctrico.



ELABORADO: AUTORES.

2.1.6.1. Motor eléctrico (síncrono de imanes permanente).

Por lo general los motores eléctricos son los encargados de realizar la transformación de la energía eléctrica en mecánica; otros de sus usos son para impulsar diversos equipos y también se conectan por medio de elementos adecuados e indispensables a las instalaciones eléctricas (IE) [30].

Los motores eléctricos son máquinas eléctricas giratorias su principio de funcionamiento se fundamenta en dos principios: El de inducción, descubierto por Michael Faraday en 1831; el cual establece que si un conductor se mueve a través de un campo magnético o está ubicado en los alrededores de otro conductor por el que fluye una corriente de intensidad variable, se induce una corriente eléctrica en el primer conductor. El segundo es el principio que André Ampère postuló en 1820, en el que determina que, si una corriente cruza a través de un conductor que está instalado en el interior de un campo magnético, éste ejerce una

fuerza mecánica o fuerza electromotriz (f.e.m.), sobre el conductor [18]. En la Figura 12 se presenta un motor eléctrico de 600 CV adaptable fabricado por Tesla.

Figura 12. Motor eléctrico Tesla.



FUENTE: TUNINGBLOG, 2020 [31].

El motor tiene unos soportes que se acoplan al propio chasis de varios modelos de la mencionada gama LS de General Motors con esto logra conservar la configuración de la serie sin necesidad de realizar más adaptaciones [32].

2.1.6.1.1. Partes del motor eléctrico.

Los motores tienen una estructura que está formada por las siguientes partes principales:

- **Parte estacionaria (estator o inductor):** Esta parte está construida por la carcasa que ofrece soporte fijo a todas las partes del motor, además de que en esta parte se encuentran los polos (imanes) colocados a lo largo de la estructura para de este modo asegurar un campo magnético uniforme en esa longitud. En este lugar, los imanes están envueltos por hilo de cobre denominado devanado de campo.

Elemento móvil (rotor): Es la parte giratoria del motor, consiste en un eje sobre el cual se encuentra el núcleo magnético (electroimán) y que está rodeado por el devanado de inducido (bobinado alojado en núcleo de hierro).

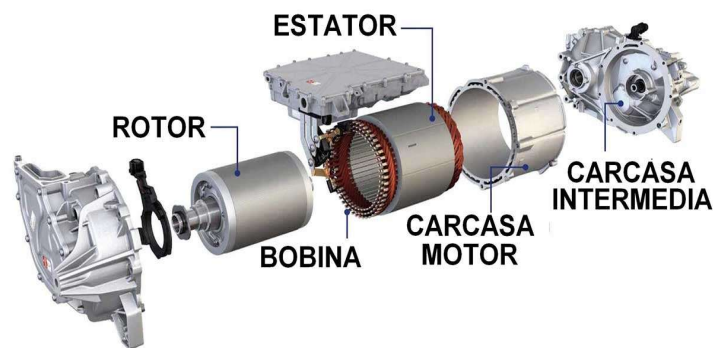
Colector: Es un anillo compuesto por láminas de cobre (delgas) ubicadas en el eje del rotor que permite la conexión de la bobina con el circuito exterior mediante las escobillas.

Escobillas: Son conductores (cable) con piezas de carbón que se conectan a la batería o fuente de DC que suministra la corriente, facilitando la llegada del flujo de corriente a las delgas del colector y magnetizar el conductor que está ubicado en el interior del devanado de inducido (rotor).

Cojinetes: También denominados como rodamientos, aportan la óptima operación de los elementos giratorios del motor. Se emplean para apoyar y fijar ejes mecánicos, y para disminuir la fricción, lo que contribuye a lograr que se consuma menos potencia [18].

La Figura 13 muestra los componentes que tiene un motor eléctrico en general.

Figura 13. Partes del motor eléctrico.



FUENTE: SOYMOTOR, 2021 [33].

2.1.6.2. Convertidor DC-DC.

Se encarga de convertir una determinada tensión continua en otra tensión continua con un valor diferente el cual puede ser menor o mayor al valor inicial [34].

Los convertidores DC-DC se emplean de la siguiente manera, partiendo de una fuente de tensión continua, ya sea fija o variable, conseguir un valor de tensión estable a la salida sin que se vea afectada por posibles fluctuaciones en la tensión de entrada o en la carga conectada. Los convertidores estudiados se componen de semiconductores que, aplicando una serie de señales de control de tensión, actuando como interruptores que se abren y se cierran para convertir un nivel de tensión determinado en otro diferente [35]. En la Figura

14 se presenta un convertidor DC-DC que opera de 96 a 144 Voltios DC y entrega a su salida un voltaje de 13,8 V.

Figura 14. Convertidor DC- DC.



FUENTE: ENERGY EV, 2021 [36].

Los convertidores DC-DC tienen dos modos de funcionamiento: modos continuos y modo discontinuo de conducción. Estos modos tienen características considerablemente distintas [37]. Los conversores son equipos que transforman la tensión de la electricidad suministrada por las baterías, generalmente disminuyendo su tensión hasta un nivel de 12 V, la tensión de funcionamiento habitual de los componentes auxiliares de vehículo eléctrico, por ejemplo, la iluminación dentro y fuera, los sistemas de control, entre otros.

2.1.6.3. Baterías.

Las baterías y las pilas tienen como característica principal que pueden almacenar energía química y liberarla dependiendo del requerimiento específico de un aparato o equipo eléctrico. La energía es producida por dos semiceldas separadas, donde se desarrollan reacciones químicas, una de oxidación (ánodo) y otra de reducción (cátodo); estas reacciones generan un flujo de electrones con una cierta diferencia de potencial que depende del par ox-red utilizado. La gran ventaja de las pilas y baterías es que permiten el almacenamiento y el transporte de la energía, lo que hace posible su uso en una gran diversidad de equipos y productos de tecnología que son cada vez más utilizados.

Comúnmente las pilas se emplean en equipos móviles, por lo tanto, la masa y el tamaño son muy importantes para las aplicaciones en las que se las requiere. Por ello, las pilas se fabrican

en una gran diversidad de formas y tamaños que se adaptan a los requerimientos de energía y la disponibilidad de espacio de los equipos en que se utilizan [38]. En la Figura 15 muestra un banco de batería de ion- litio de 1200 cargas que no necesita mantenimiento.

Figura 15. Batería de ion-Litio.



FUENTE: TWENERGY, 2021 [39].

2.1.6.4. Almacenamientos de energía.

El almacenamiento de energía eléctrica ha sido un desafío en la implementación de sistemas energéticos, en razón a que diferentes factores afectan la generación de energía eléctrica, como son, el tiempo del año (energía hidroeléctrica y eólica) y la intermitencia (solar), sin tomar en consideración los cambios de carga presentes en el sistema.

Actualmente presentan diferentes tecnologías que permiten el almacenamiento de energía eléctrica, como volantes de inercia, baterías, condensadores electroquímicos ("super" o "ultra" condensadores). El almacenamiento de aire comprimido, el almacenamiento térmico, y el bombeo de agua, son comúnmente grandes con considerables requerimientos de instalación, en cuanto a los superconductores magnéticos son elementos de almacenamiento de corta duración utilizados especialmente en aplicaciones de calidad de potencia [40].

2.1.6.5. Tipos de baterías.

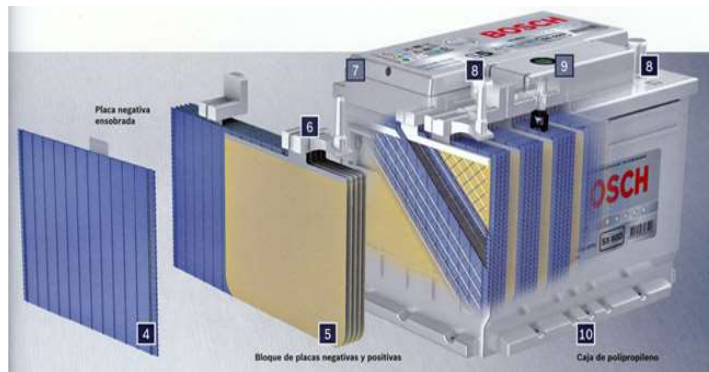
Las baterías han sido una tecnología en constante desarrollo desde su descubrimiento en el año 1000 a. c., a continuación, se presentan diferentes tipos de baterías:

2.1.6.5.1. Batería de plomo ácido.

Es la batería más común, ampliamente usada en vehículos convencionales, utilizada como batería de arranque. Las tensiones más comunes son 6 V, 12 V u otro múltiplo de 2, ya que la tensión suministrada por cada celda es de 2 V. La densidad de energía que puede aportar es de $30 \frac{\text{Wh}}{\text{kg}}$.

En la Figura 16 muestra la batería de plomo ácido que es más utilizada a nivel automotriz.

Figura 16. Batería de plomo ácido.



FUENTE: ENERGETIKA, 2011 [41].

2.1.6.5.2. Níquel – zinc.

Trabajan con un electrodo positivo igual al que utilizan en las baterías de NiCd y níquel-hierro junto con un electrodo negativo compuesto de zinc. Además, usan una mezcla acuosa de hidróxido de potasio, como electrolito. Entre las ventajas a destacar de estas baterías se encuentra su relativamente elevada tensión por celda, de alrededor de 1,6 V, sosteniendo la tensión constante a lo largo de una buena parte del ciclo de descarga. Adicionalmente, su alta densidad de energía que supera los $100 \frac{\text{Wh}}{\text{l}}$, una energía específica aceptable de alrededor de $50 \frac{\text{Wh}}{\text{kg}}$. En la Figura 17 se presenta la estructura física de la batería de níquel-zinc.

Figura 17. Batería de Níquel-Zinc.



FUENTE: MOTORPASION, 2011 [42].

2.1.6.5.3. Níquel- hidruro metálico.

Esta batería es de tipo recargable que utiliza un ánodo de oxihidróxido de níquel (NiOOH) y un cátodo de una aleación de hidruro metálico. Fue construida con el fin de reemplazar al cadmio en las baterías de Ni-Cd por una aleación que almacena hidrógeno. Una pila de Ni-MH es capaz de producir una tensión de 1,2 V para una capacidad que oscila entre 0,8 y 2,9 Ah. La densidad de energía aproximada alcanza los $80 \frac{\text{Wh}}{\text{kg}}$, mientras que los ciclos de carga oscilan alrededor de 500 y 700 cargas, lo que significa que se tiene un ciclo de vida superior a las baterías de plomo ácido [38].

2.1.6.5.4. Níquel- hierro.

Las baterías de níquel-hierro, aparte de generar hidrógeno, el mantenimiento es muy económico y también son muy duraderas. Además, los metales con los que se construye este tipo de baterías (hierro y níquel) abundan más, por ejemplo, el cobalto, el cual se emplea para confeccionar baterías convencionales. A todo esto, se agrega que, a diferencia del litio, ni el hierro, ni el níquel producen grandes volúmenes de desechos cuando se extraen. Por tanto, contaminan menos el medio ambiente. En la actualidad, las mayores baterías existentes de níquel-hierro son de $\frac{15 \text{ kW}}{15 \text{ kWh}}$, capaces de almacenar suficiente hidrógeno para producir energía a largo plazo para 1,5 hogares. No obstante, los científicos de Países Bajos están trabajando en versiones superiores, de hasta $\frac{30 \text{ kW}}{30 \text{ kWh}}$ [43].

2.1.6.5.5. Ion litio.

Alrededor del año 1958 comenzó la historia de las baterías de litio con la creación de una batería primaria de litio inventada por W.S. Harris. El litio era el ánodo mientras el cátodo podría ser de cloruro de tionilo o dióxido de manganeso. Pero esta batería reaccionaba a los electrolitos acuosos, lo que implicaba repotenciarla en cuanto a seguridad, sin embargo, sus costos eran elevados [44].

El auge en el uso de las baterías de litio se debe principalmente a su alta densidad de energía, su alta eficiencia energética y a su prolongado tiempo de vida [6]. Por ejemplo, comparado con las baterías de ácido plomo la densidad de energía en las baterías de iones de litio puede triplicarse. Las baterías de iones de litio alcanzan como límite de 1000 ciclos de operación mientras que las de Ni-MH un máximo de 500 ciclos. Si se realiza una comparación de la eficiencia energética de las baterías de ácido plomo, Ni-MH y batería de iones de litio su comportamiento es similar [45].

Todas las baterías de iones de litio trabajan de la misma manera. Durante la carga de la batería, el electrodo positivo retira algunos de sus iones, que se mueven a través del electrolito para llegar al electrodo negativo y permanecen ahí. La batería almacena energía durante este proceso. Cuando la batería se descarga, los iones vuelven a través del electrolito hacia el electrodo positivo, alimentando la carga [16].

En relación a los datos técnico-económicos: Uno de los aspectos más relevantes de las baterías de litio es su alta densidad de energía; $75\text{--}125 \frac{\text{Wh}}{\text{kg}}$. Otra propiedad es la veloz capacidad de carga/descarga; pueden alcanzar el 90% de su potencia nominal en 200 ms y una alta eficiencia, alrededor del 78% con más de 3500 ciclos [46].

2.1.6.5.6. Polímero de litio.

En las etiquetas de una batería de polímero de litio se indicará el voltaje (3,7 V), el amperaje (mAh), con una clasificación C y las siglas 3S1P o 3S2P (celdas + packs conectados en serie). Las LiPo pueden estar constituidas por diferentes celdas, teniendo como efecto el incremento de la potencia de la pila. Se pueden conseguir productos de: una celda y 3,7 V, dos celdas de 7,4 V, tres celdas de 11,1 V y cuatro celdas de 14,8 V [47].

2.1.6.5.7. Litio hierro fosfato.

Las propiedades electroquímicas del fosfato de hierro y litio preparado por deposición electroquímica todavía muestran algunas lagunas. La razón principal de las brechas restantes es que el polianión en los materiales compuestos afecta el rendimiento de los materiales de la batería. Además, la uniformidad y el control del contenido de los elementos de carbono en los materiales compuestos deben optimizarse aún más para mejorar las propiedades electroquímicas de los materiales compuestos [48].

La química LFP brinda una mayor durabilidad a diferencia de otras baterías de ion de litio. Teniendo una igualdad con las baterías recargables fundamentadas en níquel, (distinguiéndose de algunas baterías de iones de litio), las baterías LiFePO_4 tienen un voltaje de descarga muy constante. Su voltaje es constante cuando está cerca de los 3,2 V en el transcurso de la descarga hasta que la pila se vacía. Esto permite que la batería proporcione toda la energía hasta su descarga total [49]. En la Figura 18 muestra varias celdas de batería con características de 3,2 V y 150 Ah.

Figura 18. Batería de Litio hierro fosfato.



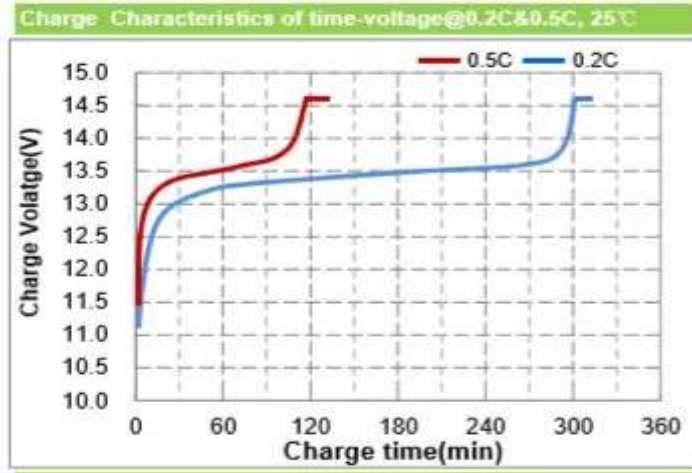
FUENTE: BATERÍA DE BLS INDUSTRIES LIMITED, 2019 [50].

La batería de litio hierro fosfato posee las siguientes características: Voltaje nominal por celda 3,2 V, densidad energética $144 \frac{\text{Wh}}{\text{kg}}$, tasa de descarga 3C, ciclo de vida 6000 ciclos, capacidad (Ah) = 125 Ah, temperatura de carga 0 °C ~ 60 °C, temperatura de descarga -30 °C ~ 60 °C, resistencia interna $\leq 0,2 \text{ m}\Omega$.

2.1.6.6. Curvas Características.

En la Figura 19 se observa el comportamiento de las curvas del tiempo de carga versus voltaje de carga, la curva roja se efectúa cuando es una carga rápida y la curva azul se efectúa cuando se realiza una carga lenta.

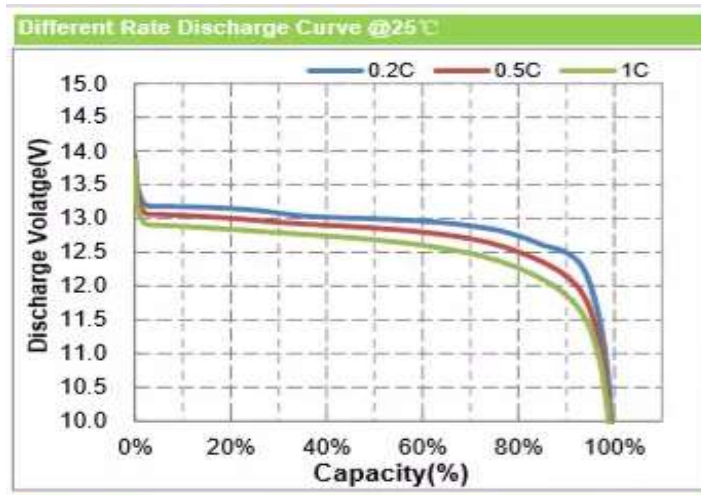
Figura 19. Característica de carga de voltaje versus tiempo.



FUENTE: BATERÍA DE BLS INDUSTRIES LIMITED, 2019 [50].

En la Figura 20 se presenta las diferentes tasas de descarga desde 100 % al 0 % de una batería de ion litio los cuales varía de acuerdo a la capacidad de descarga 0,2 C, 0,5 C, 1C.

Figura 20. Curva de descarga de diferente tasa.



FUENTE: BATERÍA DE BLS INDUSTRIES LIMITED, 2019 [50].

2.1.6.7. Supercondensadores.

El supercondensador presentado en la Figura 21 almacena carga de forma física, sin reacción química, tiene una velocidad de carga y descarga más rápida, mayor eficiencia, bajo riesgo de seguridad y un ciclo de vida de hasta 500.000 veces, básicamente garantizando que no se necesita mantenimiento dentro del ciclo de vida [51].

Figura 21. Supercondensadores.



FUENTE: AUTOFACIL, 2022 [52].

2.1.6.8. Controlador.

El convertidor electrónico de potencia (Power electronic converter): está construido de dispositivos semiconductores de acción rápida de alta potencia, que actúan como interruptores de alta velocidad. Diferentes estados de conmutación alteran el voltaje y la corriente de entrada mediante el uso de elementos capacitivos e inductivos. Se tiene como resultado que el voltaje y la corriente de salida, es muy diferente al de la entrada.

Accionamiento del motor (Motor drive): es un convertidor de DC a AC (a menudo denominado inversor o variador de frecuencia) o, a veces, un convertidor electrónico de potencia de DC a DC, que se emplea para transformar la alimentación del bus de DC de alto voltaje a AC (o a veces DC) potencia para el funcionamiento del motor. El convertidor está configurado en dos direcciones la primera es para poder trabajar en modo de conducción y en estado de frenado regenerativo [53].

2.1.6.9. Fases de carga y descarga de las baterías LiFePO₄.

En la primera etapa, los reguladores o controladores de carga van a entregar niveles máximos de corriente y permanente (comportamiento de una fuente de corriente) cuando se alcanza el rango de tensión nominal de la batería. En la segunda fase de absorción, el controlador se cambia en una fuente de voltaje, entregando la corriente necesaria en función de que dicho voltaje permanezca estable $\left(3,2 \frac{V_{dc}}{celda}\right)$. La absorción finaliza cuando el voltaje crece en unos valores sobre el voltaje nominal hasta $\left(3,6 \frac{V_{dc}}{celda}\right)$, terminando así el proceso de carga.

Cuando la carga de la batería está al 100%, la misma puede proporcionar cantidades mínimas de energía a sus cargas. A fin de no descargar la batería de forma rápida, el controlador se activa en modo de flotación, dando pequeños niveles de corriente al voltaje de flotación (denominado voltaje nominal de la batería), facilitando a su vez que se mantenga en un porcentaje alto de carga [54].

2.1.6.10. Cargador.

2.1.6.10.1. Puerto de carga o entrada del vehículo (Charging port or vehicle inlet).

Es un conector instalado en el vehículo eléctrico para posibilitar la conexión a una toma de electricidad externa para cargar.

2.1.6.10.2. Cargador a bordo (On-board charger).

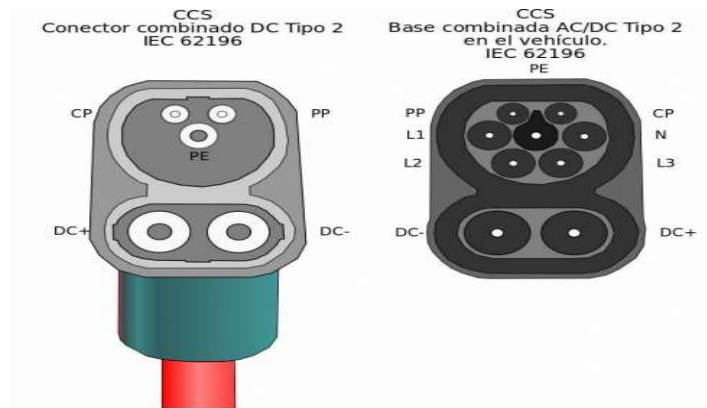
Es un convertidor electrónico de alimentación de AC a DC (a menudo denominado rectificador) que toma la electricidad de AC entrante suministrada a través del puerto de carga y la convierte en energía de DC para cargar la batería de tracción. Mediante el sistema de gestión de la batería, regula las características de la batería, como el voltaje, la corriente, la temperatura y el estado de carga [53].

2.1.6.11. Tipos de cargadores.

2.1.6.11.1. Conector Tipo 2 (Mennekes).

El conector tipo 1 en España y en toda Europa, el conector Tipo 2 presentado en la Figura 22 es también conocido como Mennekes, ofrece mejores prestaciones. Puede obtener como máximo los 44 kW, aunque inicia desde 3,7 kW brindando 16 A en cargas monofásicas y 63 A en cargas trifásicas. Esto implica poder cargar un coche eléctrico con batería de 50 kWh en 13,5 horas de 0 a 100% (al mínimo) o en torno a 1 hora en condiciones idóneas [55].

Figura 22. Conector tipo 2.



FUENTE: LUGENERGY, 2012 [56].

2.1.6.11.2. Conector Tipo 3 o Scame.

El conector tipo 3 que se observa en la Figura 23 generalmente es instalado en pequeños automóviles eléctricos, como característica facilita una recarga semi-rápida utilizando corriente alterna, pero no está muy extendido. Tiene 5 o 7 bornes, según si la corriente es monofásica o trifásica e incluye en ambas tierra y comunicación con la red. Admite hasta 32 amperios.

Figura 23. Conector tipo 3.



FUENTE: LOVESHARING, 2020 [57].

Este tipo de conector, dispone de dos variantes, la 3A y la 3C. La variante 3A tiene la capacidad de soportar cargas monofásicas a 16 A, y tienen 4 contactos: fase, neutro, tierra y comunicaciones. La variante 3C facilita realizar cargas monofásicas o trifásicas a 32 A, y se compone de 7 contactos, así mismo que el conector Mennekes: de 3 fases, neutro, tierra, control y presencia. Con este conector se puede recargar a una potencia máxima de 22 kW [58].

2.1.6.11.3. Conector Tipo 4 o Chademo.

Es otro de los tipos de cargadores para automóviles eléctricos más empleados. En la Figura 24 se presenta un conector tipo 4 el cual permite una carga rápida con corriente continua y soporta hasta 200 amperios. Sus 10 bornes lo hacen el de mayor diámetro de los existentes en el mercado y es el estándar japonés por excelencia, usado por Subaru, Mitsubishi, Toyota o Nissan [58].

Figura 24. Conector tipo 4.



FUENTE: LOVESHARING, 2020 [57].

2.1.7. Costo de cargar las baterías.

Los puntos de carga rápida para vehículos eléctricos se encargan en recargar el paquete de batería de una manera rápida, pero el valor a pagar por kWh es mayor debido a que el tiempo es un factor significativo. Por ejemplo, un taxi que es recargado en una electrolinera ronda los 9 dólares y un bus eléctrico está alrededor de los 25 dólares mientras que un bus de combustión oscila los 60 dólares. En la Figura 25 se presenta una de las primeras electrolineras construidas en la ciudad de Guayaquil [59].

Figura 25. Electrolinera ubicada en la ciudad de Guayaquil.



FUENTE: EL COMERCIO, 2019 [59].

2.2. Marco conceptual.

2.2.1. Dinámica de los vehículos eléctricos.

La aerodinámica es el campo del flujo de aire y para los vehículos eléctricos es de crucial importancia: a velocidades de autopista, más del 50 % de la energía se gasta en expulsar el aire. Por lo tanto, conseguir la aerodinámica adecuada es fundamental para aumentar la autonomía y reducir la masa de la batería y, con ello, el coste [60].

El diseño exterior tiene implicaciones más amplias que simplemente hacer que un vehículo se vea bien. El flujo de los paneles de la carrocería, el diseño de las ruedas y las proporciones generales tienen un impacto directo en el rendimiento del vehículo, ya sea en cuanto a velocidad máxima o eficiencia óptima.

Cuanto más elegante es un vehículo, más fácilmente puede combatir la resistencia del aire, una fuerza que actúa contra el vehículo mientras se mueve. Los vehículos más altos con diseños cuadrados luchan por atravesar el aire, mientras que los autos deportivos largos y de poca altura lo hacen con relativa facilidad. Dado que el rango de manejo disponible con una sola carga es una preocupación clave para los vehículos eléctricos [61].

2.2.2. Eficiencia.

La eficiencia de los vehículos eléctricos es una de las características que permite que cada vez tengan más presencia en las carreteras. Con el paso del tiempo se van despejando las dudas de los compradores en cuanto a velocidad, autonomía o precio. Esta característica se determina por la relación existente entre la energía que obtiene y la que consume. De una forma fácil, cuando se habla de eficiencia se hace referencia al rendimiento. Al consumir menos energía por kilómetro el vehículo se considera más eficiente. Es decir, que para verificar este factor es fundamental tomar en cuenta el consumo real.

La eficiencia del coche eléctrico es distinguible, porque tienen la facultad de transformar el 75 % de la energía que recibe. Y, además, no contamina el medio ambiente de forma directa. También cabe destacar que el coste de la energía que utiliza es menor. El estilo de conducción, las especificaciones del motor eléctrico, las condiciones meteorológicas, la climatización del coche y el terreno por el que te desplaces afectarán a la autonomía del vehículo. Se puede obtener una maximización y optimización de la carga de la batería modificando el nivel de frenado regenerativo.

En estos vehículos debes tener en cuenta que es importante la anticipación y conducir de manera relajada para extraer todas las ventajas de tu coche. Al conducir más rápido, se requerirá más energía, y si existen aceleraciones o frenado bruscos, esto provocará un aumento del consumo energético, disminuyendo la eficiencia de la conducción [62].

2.2.3. Relación masa-potencia.

La relación entre la masa y la potencia es el resultado de dividir la masa total en del vehículo ya sea en Kg o Lb entre la potencia medida. El resultado arroja una aproximación respecto a las posibilidades velocísticas de un vehículo, es decir, con estos datos se determina la

cantidad de masa (Lb-Kg) que se va a mover del coche por caballo de fuerza (Hp) que genera ya sea el motor de combustión o el motor eléctrico [63].

$$R = \frac{m}{P} \quad (2)$$

$$R_{\text{Motor de combustión}} = \frac{830 \text{ kg}}{51 \text{ kW}} = 16,27 \frac{\text{kg}}{\text{kW}}$$

$$R_{\text{Motor eléctrico}} = \frac{950 \text{ kg}}{20 \text{ kW}} = 47,5 \frac{\text{kg}}{\text{kW}}$$

Un informe presentado por la Universidad Técnica de Ingolstadt asegura que en los vehículos eléctricos la masa no es una desventaja sino una clave para incrementar su eficiencia. Su estudio se sustenta en la cantidad de energía cinética que tiene un vehículo pesado en movimiento. Puede utilizarse para moverse por inercia o transformarse en carga para las baterías mediante un sistema de frenado regenerativo. De manera que, aunque es verdad que un vehículo pesado requiere de más energía para desplazarse, también será capaz de recuperar más carga para las baterías que un vehículo ligero a una misma velocidad [64].

Aumentar la autonomía en los vehículos de combustión interna no requiere una modificación en el volumen del depósito de combustible simplemente se necesita completar de gasolina y la masa del vehículo no se incrementa de manera excesiva, pero en los vehículos eléctricos se requiere considerar el espacio, la masa de las baterías, los componentes auxiliares, conllevando un incremento excesivo de la masa en el vehículo. La densidad energética del combustible $\left(\frac{\text{kWh}}{\text{kg}}\right)$ es menor en comparación que el de las baterías, es decir que se puede obtener mayor kWh con menor masa de combustible, en la movilidad eléctrica se necesita un incremento significativo en volumen y masa del banco de batería para tener mayor kWh.

2.3. Marco referencial.

2.3.1. Características técnicas iniciales del vehículo.

Camioneta doble cabina Datsun 1500 año 1977.

Tracción trasera

Largo = 396 cm

Ancho = 162 cm

Alto= 136 cm

Masa = 1100 kg

Potencia: 70 Hp o 51 kW @ 5200 rpm

Par máximo: 115 Nm @ 3200 rpm

Capacidad de carga = 1300 kg

En la Figura 26 se presenta el vehículo que fue utilizado en el proyecto de investigación.

Figura 26. Vehículo del proyecto Datsun 1500.



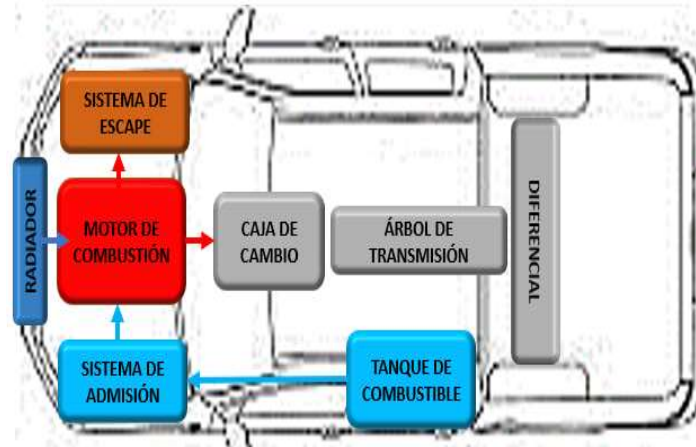
ELABORADO: AUTORES.

2.3.2. Sistema que utiliza actualmente.

Actualmente su sistema de propulsión está compuesto por el motor de combustión y sus componentes, la caja de transmisión manual, el eje de transmisión o cardan y por último el

diferencial que transmite el movimiento a las ruedas. En la Figura 27 se presenta un esquema referencial de los componentes del vehículo de combustión interna

Figura 27. Componentes del vehículo de combustión interna.



ELABORADO: AUTORES.

En la Tabla 2 muestra los componentes que se retiraron del vehículo dando una masa total de 394,8 kg.

Tabla 2. Componentes a remover del vehículo.

Descripción	Valor [kg]
Motor	137
Caja de cambios	28
Diferencial	60
Eje cardan	10
Radiador	11
Tanque de combustible full	37
Pedal acelerador y embrague	1,3
Tablero	0,5
Tubo de escape	8


ELABORADO: AUTORES.

2.3.3. Sistema de conversión.

El trabajo de investigación de Edison Medrano y Cristian Pérez denominado “Adaptación de un Buggy con motor de combustión interna a un sistema eléctrico” realizaron la conversión de un vehículo de combustión interna tipo Buggy a un vehículo de propulsión eléctrica. Actualmente existen Buggies basados en modelos de producción como totalmente artesanales. Normalmente está determinado que la instalación del motor debe de ser en la parte posterior al igual que la tracción. Legalmente están limitados en potencias a 20 CV y en velocidades a $70 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. En la Figura 28, se ilustran las características del Kinroad Raptor 150 [65].

Figura 28. Ficha técnica del Buggy.

Ficha Técnica			
Nombre:		Kinroad raptor 150	
Color	Rojo	Pais de Fabricación	China
Peso Chasis	113 kg	Freno	Hidráulico
Peso Bruto	248 Kg	Motor	
Nº Plaza	Biplaza	Marca	Seat
Largo	2075 mm	Tipo	Gasolina
Ancho	1235 mm	Potencia maxima	7,8 Kw, 7500 rpm
Altura	1400 mm	Cilindraje	150cc
Suspensión		Relación de compresión	9,2:1
Delantera	independiente	Torque maximo	8,5 N.m 4500 rpm
Trasera	independiente	Transmisión	Automatico con reversa
Tension	12 V	Acople al motor	por cadena
Amperaje	6,5 Ah	Refrigeración	Por aire



FUENTE: MEDRANO Y PÉREZ, 2017 [65].

2.3.3.1. Motor eléctrico.

El motor utilizado en la investigación mencionada (Medrano, E. y Pérez, C., 2017) fue Motor DC de imán permanente modelo Motenergy ME-1003 como se muestra en la Figura 29 tiene una tensión de 48 V y 9,5 kW que le permite tener una carga máxima de 600 kg incluyendo la masa del vehículo y ocupantes [65].

Figura 29. Motor DC de imanes permanentes.



FUENTE: MEDRANO Y PÉREZ, 2017 [65].

2.3.3.2. Batería.

En la Figura 30 se presenta las baterías utilizadas en el proyecto (Medrano, E. y Pérez, C., 2017) fueron de la marca Ultracell de 120 Ah cumplen con los parámetros necesarios. Estas no son contaminantes y tiene una masa 37 Kg, lo cual sumando los cuatros se tiene 148 kg. Sin embargo, presenta una desventaja al tener una menor capacidad específica a la que se calculó anteriormente, pero al poseer el motor y el controlador seleccionados permiten recuperar energía con el freno regenerativo en los descensos y desaceleraciones. Entonces la capacidad de 120 Ah consigue satisfacer las necesidades del motor eléctrico [65].

Figura 30. Batería Ultracell.



FUENTE: MEDRANO Y PÉREZ, 2017 [65].

2.3.3.3. Sistema de transmisión.

En la Figura 31 muestra el sistema de transmisión utilizada en la investigación mencionada (Medrano, E. y Pérez, C., 2017) este se conecta por cadena el cual es de Serie Tipo 08B, en la norma DIN/ISO corresponde a una cadena 08B-0, con un paso de 12,7 mm siendo una cadena simple de rodillos, el número de escalones fue de 146 y una relación de engrane 1:4 [65].

Figura 31. Sistemas de transmisión por cadena.



FUENTE: MEDRANO Y PÉREZ, 2017 [65].

Para instalar el sistema de propulsión eléctrico es necesario desinstalar el sistema de propulsión actual, se desmonta el motor de combustión interna y sus sistemas complementarios como el sistema de refrigeración que está compuesto por radiador, ventilador, tuberías, bomba, el sistema de admisión aire combustible, tanque de combustible y el sistema de escape. Todo esto es retirado ya que ninguno de estos componentes es necesario para el motor eléctrico porque tienen distintos principios de funcionamiento.

La caja de cambios y el árbol de transmisión son desinstalados porque con el nuevo sistema el motor eléctrico estaría en la parte posterior del vehículo y no necesitaría estos elementos para transmitir el movimiento al diferencial. Por otra parte, se reemplaza el diferencial por uno nuevo que viene con un grupo de engranes reductores adaptables al motor eléctrico, en caso que no se desee cambiar el diferencial se tendría que diseñar el grupo de engranes y el acople para conectar el motor con el diferencial.

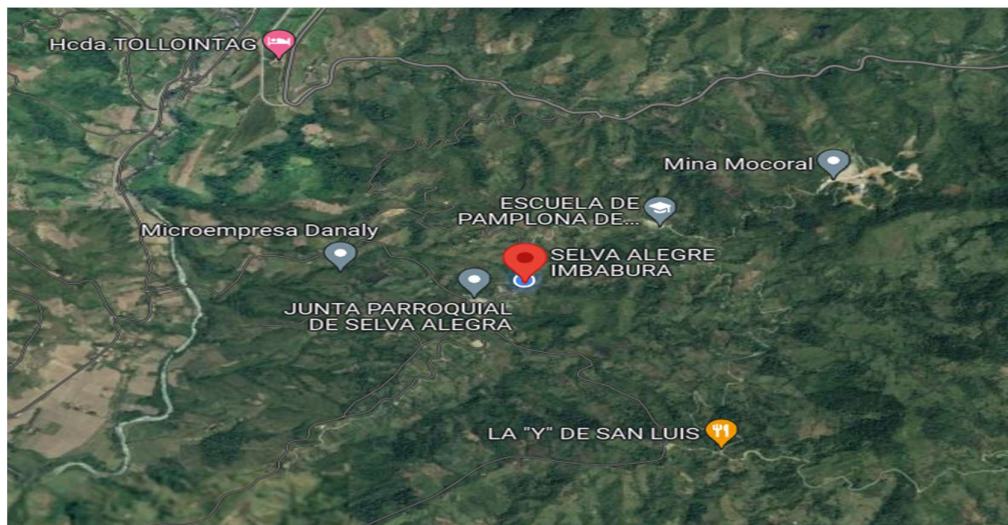
CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

3.1. Localización.

La investigación está orientada en realizar la conversión de un vehículo de carga liviana de combustión por un sistema de transmisión eléctrica. La cual se realiza mediante el ensamble de todos los componentes correspondientes, una vez finalizado este proceso se procede a realizar evaluación de funcionamiento verificando el perfecto desempeño de los equipos instalados. Finalmente, en la Figura 32 se muestra en donde se realiza las pruebas de ruta urbanas, las cuales se ejecutarán en la provincia de Imbabura cantón Otavalo parroquia Selva Alegre ubicada en la región Sierra.

Figura 32. Ubicación de la parroquia Selva Alegre.



FUENTE: GOOGLE MAPS.

3.2. Tipo de investigación.

3.2.1. Investigación documental.

Para el proyecto de investigación planteado se utilizará la investigación documental, de manera que la información obtenida sea respaldada por documentos, libros e informes que se encuentran en páginas WEB confiables, así como artículos científicos que detallan de manera profunda sobre la eficiencia energética de los vehículos eléctricos.

3.2.2. Investigación descriptiva.

La investigación descriptiva es una parte fundamental en la investigación sobre los componentes que conforman el vehículo eléctrico y lo que se debe tomar en cuenta antes de realizar una conversión, como es la aplicación del vehículo y de acuerdo a los requerimientos se realiza el cálculo del sistema de propulsión.

3.2.3. Investigación proyectiva.

Con ayuda de la investigación proyectiva se puede dar respuesta a problemas que existen en la actualidad, como son el ahorro energético que se tiene con la movilidad eléctrica, la contaminación por emisiones de vehículos convencionales y reducir la polución de carrocerías que se envían a la chatarrización.

3.3. Métodos de investigación.

3.3.1. Método deductivo.

Con ayuda del método deductivo, se establece conclusiones de que el vehículo convertido no tendrá problemas en sus sistemas particulares que no tengan que ver con el sistema de combustión, como puede ser la masa de los equipos instalados no influyen en la masa del vehículo, en el sistema de aire acondicionado, luces entre otros.

3.3.2. Método experimental.

La movilidad eléctrica consiste en la implementación de un sistema de tracción eléctrico a un vehículo convencional, esta actividad es una oportunidad de emprender en la vida profesional. El proyecto de investigación propuesto va más allá de un diseño teórico. Se realizará la conversión de un vehículo convencional a eléctrico y de manera práctica se realizarán pruebas de funcionamiento, de autonomía real y pruebas de rentabilidad en la conversión.

3.4. Fuentes de recopilación de información.

La información presentada en este proyecto de investigación se obtuvo de fuentes como son los artículos científicos, tesis, revistas científicas, revistas informativas, libros, se recopiló información relacionada con los vehículos eléctricos. El proceso de conversión de un vehículo de combustión interna a eléctrico, los beneficios que tiene este proceso al medio ambiente y a la sociedad.

La información en los resultados se obtuvo mediante la realización de pruebas de rutas urbanas y extraurbanas, con equipos e instrumentos necesarios para la recolección de datos, como pueden ser multímetro, amperímetro, GPS, computadora, hojas de apuntes, entre otros.

3.5. Diseño de la investigación.

Proceso de conversión de un vehículo de carga liviana de combustión interna a eléctrico.

- 1) Se selecciona el vehículo a convertir: En este proyecto se optó la camioneta Datsun 1500 del año 1977 el cual se encuentra en buenas condiciones la carrocería y el chasis.
- 2) Se retira todo lo relacionado con el sistema de combustión como es el motor, caja de cambios, escape, eje de transmisión, diferencial, radiador, entre otros.
- 3) Realizar cálculos correspondientes para determinar y seleccionar el motor eléctrico, controlador y relación de engranes, de acuerdo a los requerimientos como es la velocidad, carga y aceleración máxima. Se escogió un motor con una potencia nominal de 20 kW.
- 4) Para determinar la autonomía del vehículo se considera la masa del vehículo, masa útil y la eficiencia del sistema, a pesar de ello se debe considerar la cuestión económica tratando de balancear la distancia necesaria a recorrer por cada carga y la cantidad de dinero que quiere invertir en la batería. En este proyecto se optó por una batería de LiFePO_4 de 6000 ciclos de carga y descarga con una capacidad energética de 18 kWh.
- 5) Para seleccionar el cargador a instalar se considera, la tasa de carga máxima que permite la celda de batería, el tiempo de carga, la toma de corriente frecuentados y

el tipo de carga sea en DC o AC. Se seleccionó el cargador Mennekes Tipo 2 de 3,3 kW.

- 6) Se procede a realizar la conexión en serie de las celdas de batería formando un banco de baterías de 144 V, posteriormente la instalación del BMS y balanceador y se comprueba el correcto funcionamiento del módulo de batería.
- 7) Aislar las celdas de batería con el exterior mediante protección con materiales dieléctricos como el cartón, plástico, acrílico, entre otros.
- 8) Se realiza una adaptación tipo mesa en el chasis de la camioneta para ubicar el banco de batería.
- 9) Se continua con la instalación del controlador en la parte frontal del vehículo.
- 10) Instalar el cargador de 3,3 kW junto al controlador considerando una distancia prudente para su funcionamiento.
- 11) Posicionar el convertidor DC-DC junto a la batería auxiliar en caso de traerlo.
- 12) Ensamblar en la parte posterior del chasis del vehículo el conjunto del motor, reductor y diferencial.
- 13) Sustituir el pedal tradicional de aceleración por el sistema de aceleración eléctrico.
- 14) Instalar la palanca de reversa en el lugar que trae la convencional.
- 15) Ubicar el nuevo tablero el cual brinda información como la velocidad, Revoluciones por minuto del motor, Voltaje, Corriente, Potencia, Autonomía aproximada, porcentaje de batería actual.
- 16) Realizar las conexiones respectivas las cuales tienen su conector específico.

Cambios opcionales:

- 1) Instalación dirección electroasistida reemplazando a la mecánica o hidráulica.
- 2) Cambio del sistema de freno con bomba de vacío.
- 3) Reemplazar el sistema de suspensión, delantera y trasera, delantera con amortiguador, freno de disco, brazo bajo, trasera con amortiguador y ballesta.
- 4) Restauración del interior del vehículo tapizados, asientos y pintura.

3.6. Instrumentos de investigación.

Se utilizan dos instrumentos, el primer instrumento se empleó la experimentación para comprobar el desempeño real de cada componente; lo cual se utilizó los siguientes elementos y herramientas:

- Banco de baterías: Se utiliza multímetro, cinta doble cara, cartón aislante, cautín, estaño, pasta de soldar, pinzas, crimpadora, termoencogible, destornilladores y llave número 10 mm.
- Caja de batería: Amoladora, soldadora, taladro, esmeril, lijas, pintura, llaves de taller y capa aislante.
- Motor, caja de engranes, diferencial: Llaves, gata hidráulica, torquímetro y destornilladores.
- Controlador: Multímetro, destornilladores, llaves y pinzas.
- Convertidor DC-DC: Multímetro, amperímetro, llaves, pinzas y crimpadora.
- Dirección electroasistida: Llaves, destornillador, multímetro y pinzas.
- Tablero digital: destornilladores y multímetro.
- Acelerador y palanca de reversa: Llaves, pinzas y destornillador.
- Bomba de vacío para freno: llaves, pinzas y destornillador.

Como segundo instrumento se aplicaron encuestas para conocer el interés de las personas con respecto a la movilidad eléctrica; se generó un banco de cinco preguntas para un grupo al azar de 21 personas.

3.7. Recursos humanos y materiales.

3.7.1. Recursos Humanos.

- Ingenieros Mecánicos
- Técnico Industrial
- Agente importadora
- Proveedores
- Agentes de aduana

3.7.2. Recursos Materiales.

- Equipos de computo
- Conexión a internet
- Útiles de oficina
- Herramientas de taller

- Equipos de medición electromecánica
- Vehículo a convertir
- Motor eléctrico
- Controlador
- Banco de batería
- Convertidor
- Acelerador

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Datos técnicos iniciales del vehículo.

A continuación, se detallan las características que tenía el vehículo de combustión interna antes de realizar la conversión.

Camioneta doble cabina Datsun 1500 año 1977.

Tracción trasera

Masa = 1100 kg

Potencia: 70 Hp o 51 kW @ 5200 rpm

Par máximo: 115 Nm @ 3200 rpm

Capacidad de carga = 1300 kg

La Tabla 3 presenta todos los componentes del sistema de propulsión eléctrica que se instalaron en el vehículo, obteniendo una masa total de 386,5 kg.

Tabla 3. Datos de los nuevos componentes del sistema de propulsión eléctrico.

Descripción	Valor [kg]
Motor	65
Controlador	8
Diferencial	65
Pedal de acelerador	1
Arnés de cables de conexión	0,5
Convertidor DC-DC	1,5
Tablero	0,5
Cargador	8
Banco de batería	130

ELABORADO: AUTORES

En la Tabla 4 se presentan factores fundamentales para realizar los cálculos correspondientes de cada una de las potencias necesarias.

Tabla 4. Especificaciones del vehículo eléctrico convertido.

Especificación	Valor	Unidad
Masa del vehículo	1100	kg
Masa útil de carga	1300	kg
Área frontal	2,2	m ²
Coefficiente de resistencia aerodinámica (C _x)	0,4	
Densidad del aire (ρ)	1,225	$\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$
Aceleración de la gravedad (g)	9,81	$\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
Coefficiente de resistencia a la rodadura (fr)	0,012	
Factor de masa	1,04	
Pendiente máxima (θ)	14%	
Velocidad máxima	80	$\frac{\text{Km}}{\text{h}}$
Velocidad base	20	$\frac{\text{Km}}{\text{h}}$
Radio nominal de las ruedas motrices (r)	0,57	m
Tiempo de aceleración de 0 a 50 km/h (tan)	17	s
Eficiencia de la transmisión (n _j)	94 %	
Eficiencia del convertidor DC-DC (n DC-DC)	96 %	

ELABORADO: AUTORES

4.2. Resultados.

4.2.1. Cálculo de potencia en condición de vehículo sin carga.

A continuación, se presentan los cálculos realizados de la potencia a velocidad, aceleración y pendiente máxima. Este primer grupo de cálculos se hace en la condición del vehículo sin carga.

4.2.1.1. Potencia de tracción requerida para la velocidad máxima.

$$P_{\text{tvel}} = \left[mgfr + \frac{1}{2} \rho C_x A_f V_{\text{max}}^2 \right] V_{\text{max}} \quad (3)$$

$$P_{tvel} = \left[\left((1100 \text{ kg}) \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) (0,012) \right) + \left(\frac{1}{2} \left(1,225 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) (0,4)(2,2 \text{ m}^2) \left(22,22 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 \right) \right] \left(22,22 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

$$P_{tvel} = \left[\left(134,4 \text{ kg} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) \right) + \left(266,12 \text{ kg} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) \right) \right] \left(22,22 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

$$P_{tvel} = [400,52 \text{ N}] \left(22,22 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

$$P_{tvel} = 8888 \text{ W} = 8,9 \text{ kW}$$

4.2.1.2. Potencia de tracción requerida para la aceleración.

$$P_{tace} = \frac{\gamma_m m}{2t_a} (V_f^2 + V_b^2) + \frac{2}{3} mgfrV_f + \frac{1}{5} \rho C_x A_f V_{\max}^3 \quad (4)$$

$$P_{tace} = \frac{1,04(1100 \text{ kg})}{2(17 \text{ s})} \left(\left(13,89 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 + \left(5,55 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 \right) + \frac{2}{3} (1100 \text{ kg}) \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)$$

$$(0,012) \left(13,89 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right) + \frac{1}{5} \left(1,225 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) (0,4)(2,2 \text{ m}^2) \left(22,22 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^3$$

$$P_{tace} = 7813,39 \text{ kg} \left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}^3} \right) + 1244,55 \text{ kg} \left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}^3} \right) + 2365,27 \text{ kg} \left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}^3} \right)$$

$$P_{tace} = 11423,21 \text{ W} = 11,42 \text{ kW}$$

4.2.1.3. Potencia de tracción requerida para la pendiente máxima.

$$P_{tstp} = [mgfr \cos \theta + mg \sin \theta] V_b \quad (5)$$

$$P_{tstp} = \left[(1100 \text{ kg}) \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) (0,012) (\cos(8)) + (1100 \text{ kg}) \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) (\sin(8)) \right] \left(5,55 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

$$P_{tstp} = 8819,32 \text{ W} = 8,819 \text{ kW}$$

4.2.2. Cálculo de potencia en condición de vehículo con carga.

Este segundo grupo de cálculo se realizó bajo la condición de vehículo con carga se consideran cuatros pasajeros con una masa de 75 kg cada uno y la capacidad de carga determinada por la ficha técnica es de 1300 kg se obtiene un total de masa de 1600 kg. Los demás parámetros se mantienen iguales.

4.2.2.1. Potencia de tracción requerida para la velocidad máxima.

$$P_{tvel} = \left[\left((1600 \text{ kg}) \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) (0,012) \right) + \left(\frac{1}{2} \left(1,225 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) (0,4)(2,2 \text{ m}^2) \left(22,22 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 \right) \right] \left(22,22 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

$$P_{tvel} = \left[\left(193,3 \text{ kg} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) \right) + \left(266,12 \text{ kg} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) \right) \right] \left(22,22 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

$$P_{tvel} = [459,42 \text{ N}] \left(22,22 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

$$P_{tvel} = 10208 \text{ W} = 10,21 \text{ kW}$$

4.2.2.2. Potencia de tracción requerida para la aceleración.

$$P_{tace} = \frac{1,04(1600 \text{ kg})}{2(30 \text{ s})} \left(\left(13,89 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 + \left(5,55 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 \right) + \frac{2}{3} (1600 \text{ kg}) \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) (0,012)$$

$$\left(13,89 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right) + \frac{1}{5} \left(1,225 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) (0,4)(2,2 \text{ m}^2) \left(22,22 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^3$$

$$P_{tace} = 6367,78 + 1789,9 + 2365,27$$

$$P_{tace} = 10522,95 \text{ W} = 10,52 \text{ kW}$$

4.2.2.3. Potencia de tracción requerida para la pendiente máxima.

$$P_{tstp} = \left[1600 \text{ kg} \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) (0,012)(\cos(8)) + (1600 \text{ kg}) \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) (\text{sen}(8)) \right] \left(5,55 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

$$P_{tstp} = 12684 \text{ W} = 12,68 \text{ kW}$$

Para determinar la potencia eléctrica de la máquina, primero se calcula la potencia mecánica tomando en cuenta la potencia de aceleración:

$$PEM_{mec} = \frac{Pt_{ace}}{n_j} \quad (6)$$

$$PEM_{mec} = \frac{10,52}{0,94} = 11,19 \text{ kW}$$

$$PEM = \frac{PEM_{mec}}{n_{EM}} \quad (7)$$

$$PEM = \frac{11,19}{0,94} = 11,90 \text{ kW}$$

Con el resultado obtenido de la potencia eléctrica de la máquina se determina que se necesita un motor de 15 kW; pero se optó por un motor de 20 kW debido a que en el sector donde se desarrolló el proyecto se puede encontrar con pendientes mayores al 14 % llegando a un máximo de 26 % de inclinación. Se necesita una potencia mayor para no tener inconvenientes al circular en este tipo de carreteras más aún si el vehículo se encuentra con carga. A continuación, se presenta el cálculo de aceleración con pendiente del 26%.

$$P_{tslp} = \left((1100 \text{ kg}) \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) (0,012) (\cos(15,5)) + (1100 \text{ kg}) \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) (\sin(15,5)) \right) \left(5,55 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

$$P_{tslp} = 16683 \text{ W} = 16,68 \text{ kW}$$

4.2.3. Relación de engranes.

En la Tabla 5 muestra los datos de base y máximo de potencia, rpm, torque, velocidad, relación de engranes del motor eléctrico.

Tabla 5. Datos del motor eléctrico.

	Base	Máximo	Unidades
P	20	55	kW
RPM	4000	6800	rpm
T	65	230	N*m
V	8,33	27,78	m/s
Dr	0,68	0,68	m

ELABORADO: AUTORES.

Para el cálculo de la relación de engranes se considera la velocidad y rpm máxima que tiene el motor eléctrico, el diámetro de los neumáticos.

$$Gr = \frac{\text{rpm}}{V * 60} * D_r * \pi \quad (8)$$

$$Gr_{@4000rpm} = \frac{4000 \text{ rpm}}{\left(27,78 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) (60)} (0,68)(3,1416)$$

$$Gr_{@4000rpm} = 5,12$$

$$Gr_{@6800rpm} = \frac{6800 \text{ rpm}}{\left(27,78 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) (60)} (0,68)(3,1416)$$

$$Gr_{@6800rpm} = 8,72$$

$$Gr_{\text{promedio}} = \frac{5,12 + 8,72}{2} = 6,92$$

4.2.4. Velocidad de desplazamiento.

Con este cálculo se puede determinar la velocidad máxima que puede transmitir el grupo reductor de engranes.

$$V = \frac{\text{rpm}}{\text{Gr60}} D r \pi \quad (9)$$

$$V_{@4000} = \frac{4000 \text{ rpm}}{6,92(60)} (0,68)(3,1416)$$

$$V_{@4000} = 20,58 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$V_{@6800} = \frac{6800 \text{ rpm}}{6,92(60)} (0,68)(3,1416)$$

$$V_{@6800} = 34,98 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

4.2.5. Cálculo para el diseño de la batería.

Para determinar el número de celdas que conforman el banco de batería es necesario conocer el voltaje y potencia del motor, y las características de las celdas que en este caso son de litio hierro fosfato.

Características del motor.

Voltaje total (V_t) = 144 V

Potencia = 20 kW

Característica de la celda de litio hierro fosfato.

Voltaje máximo (V_{max}) = 3,6 V

Voltaje nominal (V_n) = 3,2 V

Capacidad (Ah) = 125 Ah

$$N_c = \frac{V_t}{V_n} \quad (10)$$

$$N_c = \frac{144 \text{ V}}{3,2 \text{ V}} = 45 \text{ celdas}$$

En el cálculo de la capacidad de la batería se obtiene cuántos kWh produce con el voltaje nominal y con el voltaje máximo de celda.

$$E_b = V_n N_c Ah \quad (11)$$

$$E_b = (3,2 V)(45)(125 Ah)$$

$$E_b = 18000 Wh = 18 kWh$$

$$E_{bmax} = V_{max} N_c Ah$$

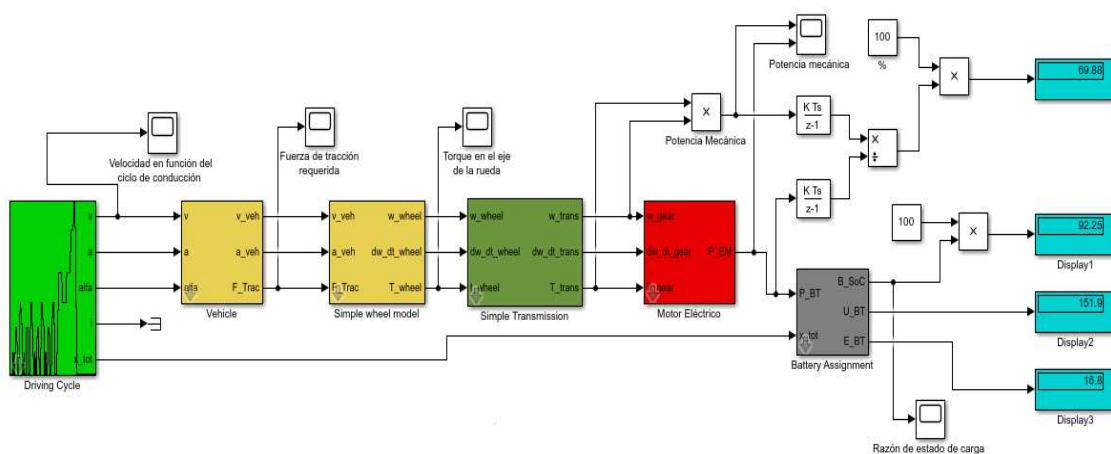
$$E_{bmax} = (3,65 V)(45)(125 Ah)$$

$$E_{bmax} = 20531 Wh = 20,53 kWh$$

4.2.6. Modelo en Simulink del vehículo eléctrico.

Por medio de Matlab en el módulo Simulink, se puede realizar una simulación del sistema dinámico del vehículo eléctrico a través de un modelado matemático con las características asociadas al proyecto. Esto se realizó para obtener resultados que permitan aproximar la autonomía que tendría el vehículo, el estado de carga de la batería y el voltaje utilizado. En la Figura 33, se detallan cada uno de los parámetros utilizados y los resultados obtenidos:

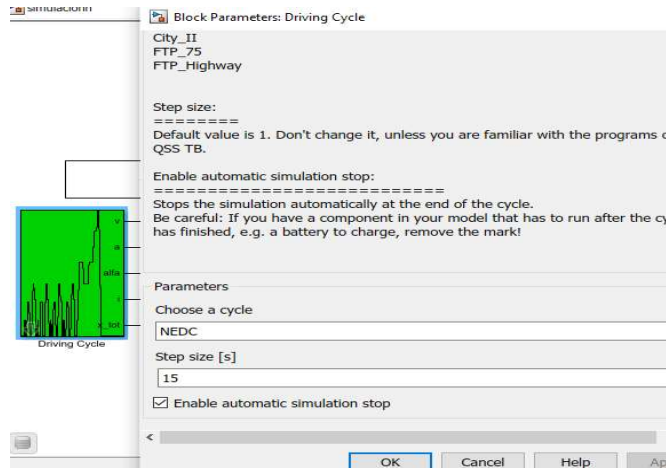
Figura 33. Modelo en Simulink del vehículo eléctrico.



ELABORADO: AUTORES

En la Figura 34 se presenta el bloque de driving cycle en donde se seleccionó el ciclo de conducción tipo NEDC (Nuevo Ciclo Europeo de Conducción) es una prueba diseñada para evaluar el impacto medioambiental de los automóviles, mantener informado a los consumidores y homologar cifras de consumo y emisiones. Este ciclo es el adecuado para la conducción urbana y determina el consumo urbano, extraurbano y mixto [66].

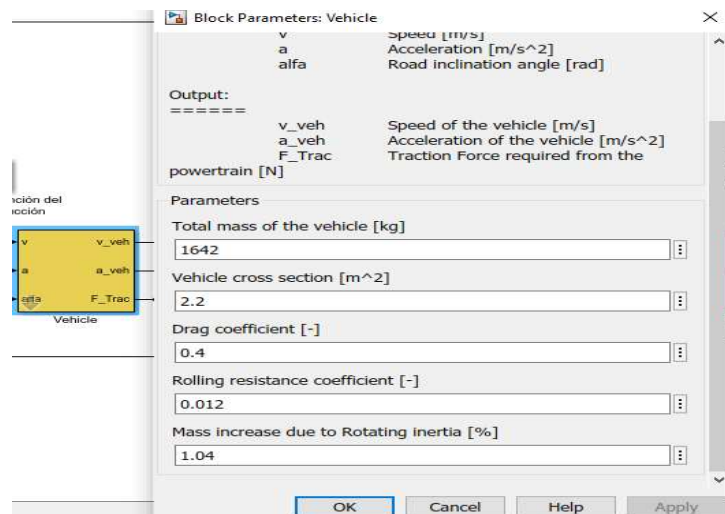
Figura 34. Ciclo de conducción.



ELABORADO: AUTORES

En la Figura 35 se presenta el bloque de vehículo, en donde se ingresan los parámetros del vehículo como masa total, área frontal, coeficiente aerodinámico, coeficiente de fricción, aumento de masa debido a la inercia giratoria.

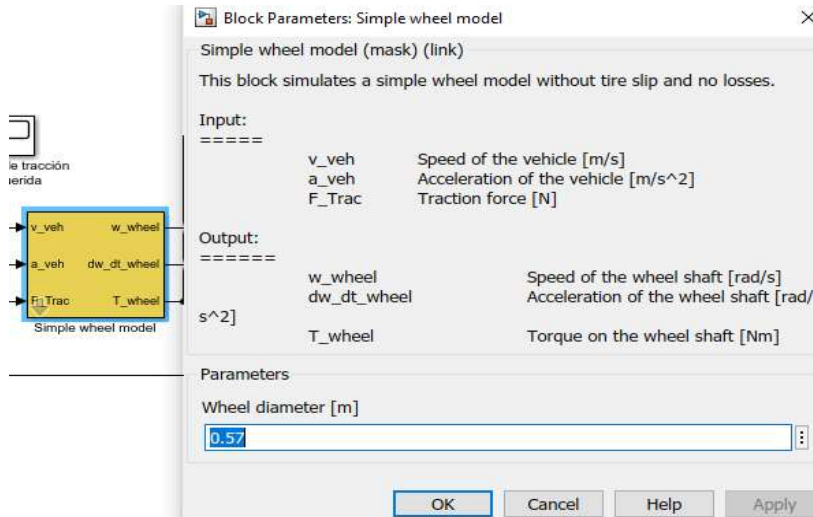
Figura 35. Parámetros del vehículo.



ELABORADO: AUTORES

La Figura 36 muestra el bloque de modelo de rueda simple, se ingresa únicamente el valor del diámetro del neumático del vehículo.

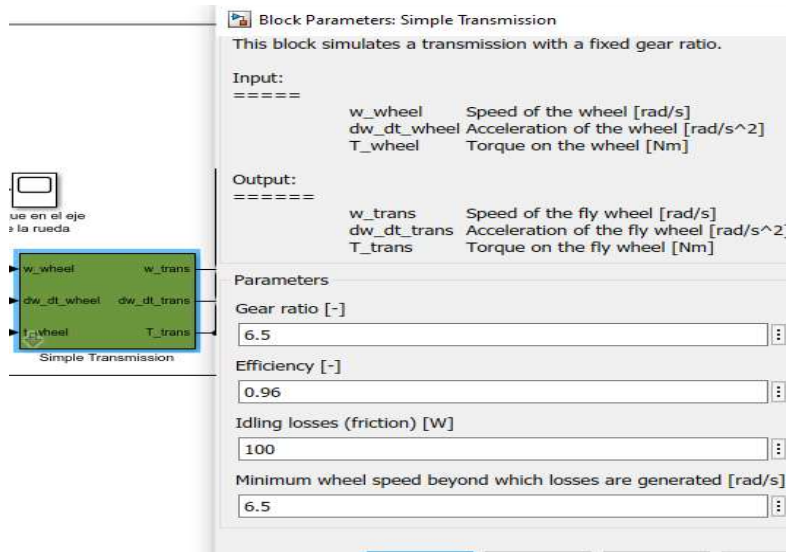
Figura 36. Parámetro del diámetro de la rueda (neumático).



ELABORADO: AUTORES

En la Figura 37 se presenta el bloque de transmisión sencilla en donde se coloca el valor 6,5 que es de la relación de engranes que previamente se calculó, en Idling losses (Pérdidas en ralentí) se colocó el valor de 100 W de pérdidas por fricción, debido a que en estos sistemas es muy baja la pérdida que se producen.

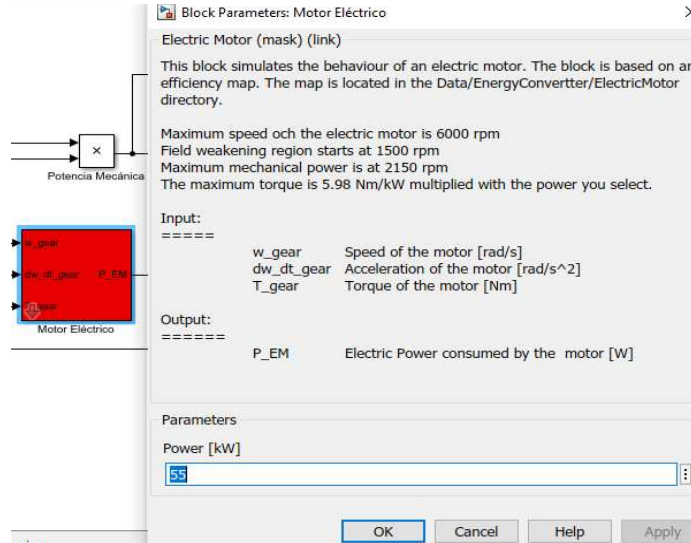
Figura 37. Parámetros de la transmisión (grupo reductor de engranes).



ELABORADO: AUTORES

La Figura 38 muestra el bloque de motor eléctrico en donde se coloca 55 kW que es el pico de potencia que tiene el motor adquirido.

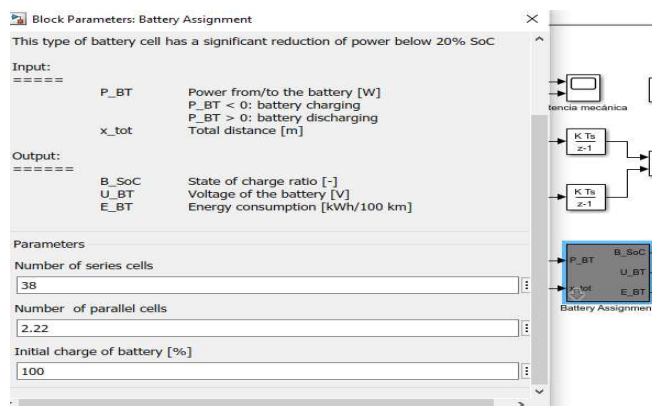
Figura 38. Parámetro del motor eléctrico.



ELABORADO: AUTORES

En la Figura 39 se observa el bloque de los parámetros de la batería. En este bloque no había una batería de litio hierro fosfato con las siguientes características de 3,2 V, 125 Ah, es por esto que se optó en adaptar el banco de baterías de 144 V y 125 Ah dando como resultado 18 kWh. En el software se encontró la batería de polímeros de litio que tiene 3,8 V, por lo tanto, se coloca en número de celdas en serie 38 obteniendo 144,4 V y en paralelo es 2,22 debido a que en cada celda se tiene 56 Ah, realizando la operación dando como resultado 125 Ah.

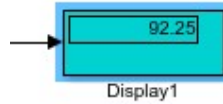
Figura 39. Parámetros del banco de baterías.



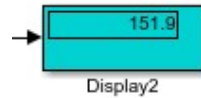
ELABORADO: AUTORES

4.2.6.1. Resultados obtenidos en el software.

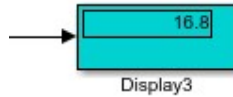
DISPLAY 1: Indica el valor de la relación del estado de carga, el cual es del 92,25%.



DISPLAY 2: Es el valor del voltaje de la batería y es de 151,9 V.

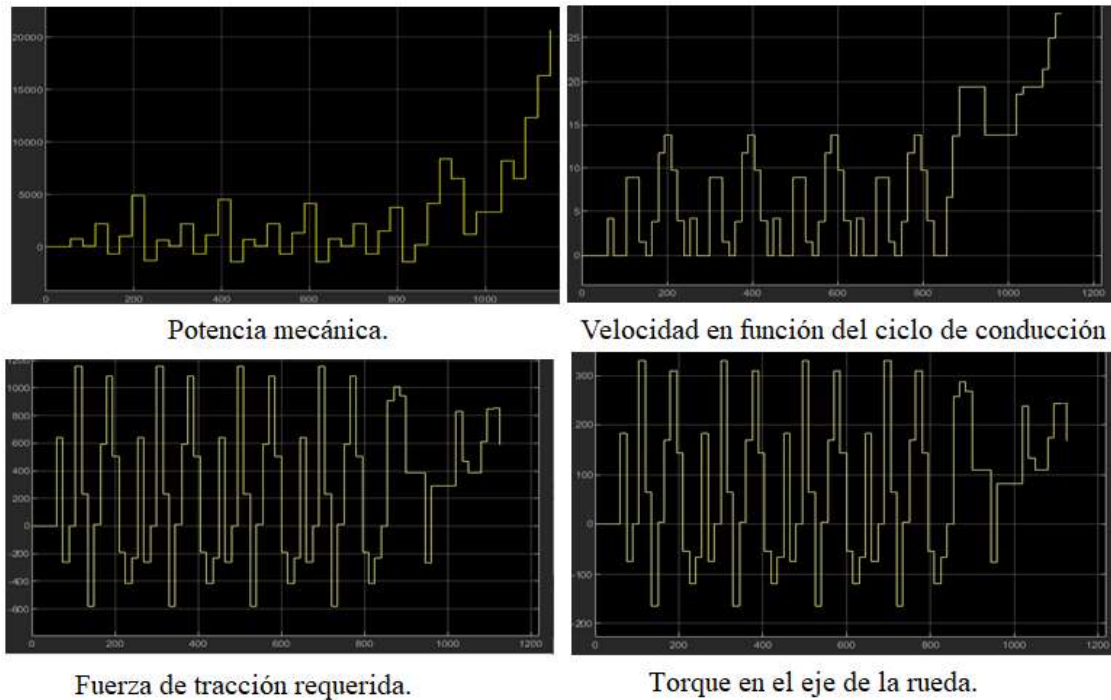


DISPLAY 3: Indica el valor de los $\frac{\text{kWh}}{100 \text{ km}}$, el cual es de $\frac{16,8 \text{ kWh}}{100 \text{ km}}$.



En la Figura 40 muestra los datos obtenidos del Scope, la primera gráfica es de potencia mecánica versus tiempo que representa la potencia del motor a lo largo de la trayectoria obteniendo valores por debajo de cero eso sucede cuando el freno regenerativo se activa produciendo energía para las baterías, en el eje Y está la potencia en W y en el eje X es el tiempo en segundos. La segunda gráfica presenta la velocidad del vehículo versus el tiempo, obteniendo velocidades de cero cuando se producen las paradas programadas, en el eje Y está la velocidad en $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ y en el eje x es el tiempo en segundos. La tercera gráfica representa la fuerza para la tracción obteniendo fuerzas negativas que se da cuando el vehículo está recuperando energía y recargando la batería, en el eje Y está la fuerza en Newton y en el eje X el tiempo en segundos. La cuarta gráfica muestra el torque en la rueda de igual manera obtenido torque negativo al tener las ruedas haciendo girar al motor para producir energía y cargar la batería, en eje Y está el torque en Nm y en el eje X el tiempo en segundos.

Figura 40. Resultados generados por los Scope.



ELABORADO: AUTORES

Por medio de la simulación realizada de un modelo dinámico en Matlab en el módulo de Simulink se determinó el consumo aproximado que tendría el vehículo por cada 100 km, en base a esto determinar la distancia que recorrería con la capacidad energética que tiene la batería instalada.

Datos:

$$C_v = 16,8 \frac{\text{kWh}}{100 \text{ km}}$$

$$E_b = 18 \text{ kWh}$$

$$E_{b\text{max}} = 20,25 \text{ kWh}$$

$$D_c = \frac{E_b}{C_v}$$

$$D_c = \frac{18 \text{ kWh}}{16,8 \text{ kWh}} (100 \text{ km})$$

$$D_c = 107 \text{ km}$$

$$D_c = \frac{20,53 \text{ kWh}}{16,8 \text{ kWh}} (100 \text{ km})$$

$$D_c = 122,2 \text{ km}$$

4.2.7. Tiempo en que se realizó la conversión.

Todo el proceso de conversión se realizó en un tiempo de 4 meses se inició el 26 de septiembre del año 2022 y se finalizó el día 27 de enero del 2023.

A continuación, se especifican las semanas de trabajo:

4.2.7.1. Desinstalación del sistema de combustión (Semana 1).

Ya adquirido el vehículo Datsun 1500 para el proyecto por un valor de \$2000, primero se comienza a desmontar el sistema de combustión y sus sistemas auxiliares. Se colocó el vehículo sobre soportes, se utilizaron gatos hidráulicos y troncos de maderas para mantener alzado el vehículo. Se desmonta el balde de la camioneta, radiador, batería, filtros utilizando llaves, dados, ratchet y destornilladores. En la Figura 41 muestra el vehículo de combustión interna utilizado en el proyecto de investigación.

Figura 41. Vehículo del proyecto de investigación.



ELABORADO: AUTORES

Se procede a sacar el motor de combustión interna como se presenta en la Figura 42, empleando tecla, gatos hidráulicos, llaves, destornilladores.

Figura 42. Desinstalación del motor de combustión



ELABORADO: AUTORES

Se realiza el retiro de la caja de cambio, el cardan, neumáticos, amortiguadores y los tambores delanteros. Se utilizan herramientas como gato hidráulico, llaves, dados, ratchet, playo de presión. En la Figura 43 se presentan los componentes retirados del vehículo.

Figura 43. Desinstalación de componentes de transmisión y tambores delanteros.



ELABORADO: AUTORES

4.2.7.2. Desinstalación del sistema de combustión (Semana 2).

Se procede a desmontar el sistema de escape y el tanque de combustible. Se utilizan llaves, dado, ratchet. La Figura 44 muestra los elementos desinstalados del vehículo.

Figura 44. Desinstalación sistema de escape y tanque de combustible.



ELABORADO: AUTORES

Se retiran los neumáticos posteriores, el diferencial, amortiguadores, hojas de resorte (ballestas). Se usan herramientas como llave de ruedas, llave inglesa, llaves y dado ratchet. En la Figura 45 se presenta el desmonte de elementos de la parte posterior del vehículo.

Figura 45. Desinstalación de la suspensión posterior y el diferencial.



ELABORADO: AUTORES

Se hace la desinstalación de la dirección mecánica y sistema de pedales de aceleración y de embrague como se muestra en la Figura 46. Se emplean llaves, playo de presión, llave inglesa.

Figura 46. Desinstalación de pedales y dirección mecánica.



ELABORADO: AUTORES

4.2.7.3. Retiro de componentes del interior del vehículo y traslado de equipos adquiridos (Semana 3).

Se continua con la desinstalación de asientos y limpieza interior como se presenta en la Figura 47, se utilizó llaves, playo de presión, dados, ratchet.

Figura 47. Desinstalación de asientos.



ELABORADO: AUTORES

Se retira el soporte del tablero, usando llaves y destornilladores.

Se realiza el traslado de los equipos desde la ciudad de Guayaquil a la ciudad de Santo Domingo y después a la ciudad de Otavalo parroquia Selva Alegre. En la Figura 48 muestra el traslado y desembarque de los equipos adquiridos.

Figura 48. Traslado de los equipos.

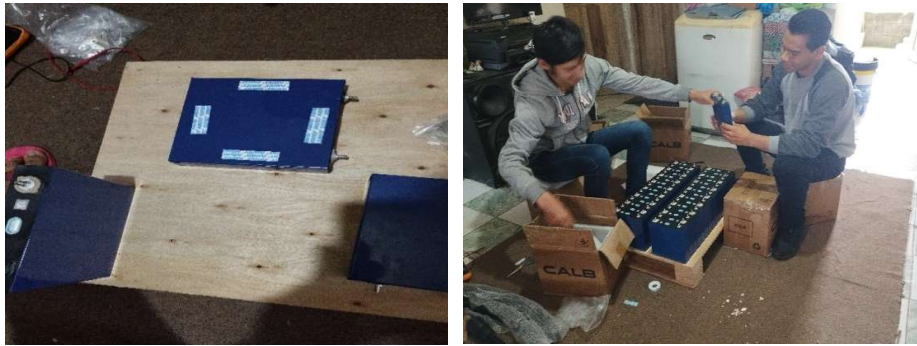


ELABORADO: AUTORES

4.2.7.4. Desempaquetado de los equipos adquiridos (Semana 4).

Se comenzó sacando de cada paquete las celdas de baterías, con mucho cuidado sin golpearlas, se revisa minuciosamente que no tengan ninguna hendidura o algún defecto que pueda afectar a la batería. Se las coloca en serie, es decir, alternando los polos positivos y negativos, para el proyecto se usaron en total 45 celdas ubicadas en 3 filas de 15 celdas cada una. También se coloca cinta doble cara para unir las celdas entre sí y se enumera cada una de las celdas. En la Figura 49 se presenta el proceso de revisión de los componentes de la batería.

Figura 49. Revisión de las celdas de batería.



ELABORADO: AUTORES

Se procede a medir el voltaje de las celdas con el multímetro detectando que existe una variación de voltaje, había celdas que marcaban hasta 4 V siendo lo normal 3,2 V.

El proveedor indicó que se coloque todas las celdas en paralelo conectadas entre sí como se presenta en la Figura 50, para que el voltaje se balancee, por un periodo de 8 horas. Después de este tiempo efectivamente las celdas quedaron totalmente balanceadas.

Figura 50. Balanceo del voltaje de las celdas.



ELABORADO: AUTORES

Se realiza la identificación de cada puerto y las conexiones de cada uno de los componentes tanto de los ecualizadores y de los BMS como se presenta en la Figura 51, siguiendo lo establecido en el manual del BMS. También se colocan los terminales y se enumera cada uno de los cables para reconocer la terminal de la celda donde van a ser colocados. Se usó estilete, pinza, crimpadora.

Figura 51. Conexión del BMS y los ecualizadores.

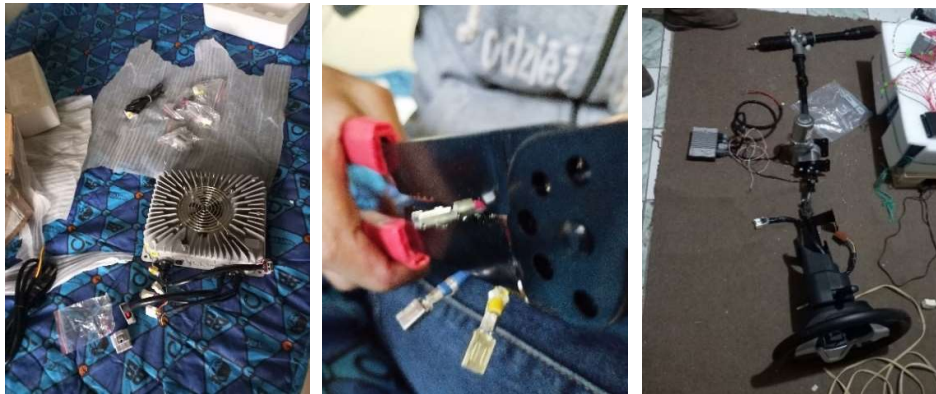


ELABORADO: AUTORES

4.2.7.5. Conexión de cables en componentes (Semana 5).

Se continua con la revisión de los demás equipos como el cargador, dirección eléctrica; se hicieron conexiones del sistema de dirección eléctrica identificando cada uno de los conectores en donde se colocan, también se armó el mando de la dirección. Se utilizó la crimpadora, pinzas. En la Figura 52 muestra los componentes revisados y la colocación de terminales.

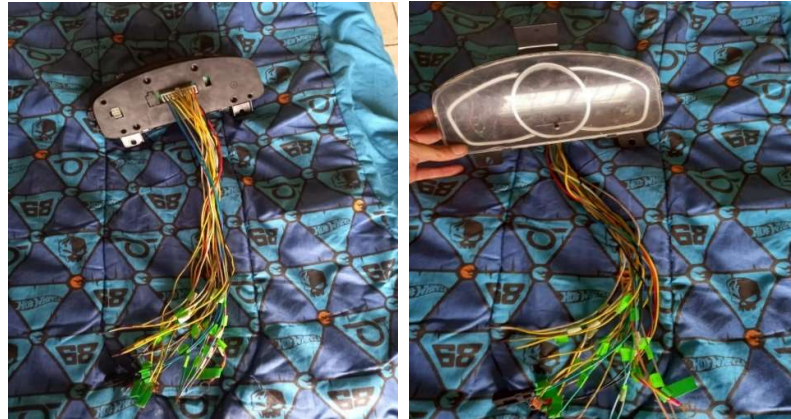
Figura 52. Revisión de los componentes.



ELABORADO: AUTORES

Siguiendo con las instrucciones del manual, se identificaron cada uno de los cables del tablero y se colocaron los códigos correspondientes. Se utilizaron pinzas, tijeras, cables, adhesivos de colores, terminales. En la Figura 53 se presenta la colocación e identificación de los cables del tablero digital.

Figura 53. Conexión de los cables del tablero.



ELABORADO: AUTORES

En la Figura 54 se presentan las conexiones de todos los cables en cada celda del BMS y de los ecualizadores.

Figura 54. Conexión del BMS y las celdas.



ELABORADO: AUTORES

Se consiguió un cuadrado de plywood para separar el BMS de los bornes de las celdas y se le hizo agujeros para pasar los conectores de los cables. Después de esto se volvió a conectar y funcionaron los ecualizadores y BMS normalmente. En la Figura 55 se presenta la colocación de una protección entre los bornes de las celdas de batería y el BMS con los ecualizadores.

Figura 55. Comprobación del funcionamiento del BMS.



ELABORADO: AUTORES

4.2.7.6. Armado de la caja para el banco de batería (Semana 6).

Se consiguieron los materiales para la estructura de la batería y para los soportes que van en el chasis, la cual está formada por ángulos de $1\frac{1}{2}$ in, se cortaron cada una de las partes a la medida correspondiente, posterior a esto se envió a unir por soldadura a cada uno de los elementos. Se utilizó amoladora, discos de corte y de pulir, soldadora, electrodos. En la Figura 56 muestra la estructura metálica en donde se instaló el banco de batería.

Figura 56. Construcción de bases para el banco de batería.



ELABORADO: AUTORES

Se obtuvo una plancha galvanizada para formar un cubo con las medidas internas de la caja de la batería y un caucho de espesor de 7 mm para colocarlo en la parte interna como aislante. Como herramientas se usaron amoladora, disco de corte. En la Figura 57 se presenta la caja protectora de la batería y el aislante eléctrico.

Figura 57. Recubrimiento para la caja de la batería.



ELABORADO: AUTORES

En la Figura 58 muestra el acople del motor eléctrico y el diferencial mediante unión empernada.

Figura 58. Instalación del motor eléctrico en el diferencial.



ELABORADO: AUTORES

4.2.7.7. Instalación de equipos en el vehículo (Semana 7).

En la Figura 59 se observa la ubicación del cargador y del convertidor DC-DC, en caso del cargador fue necesario hacer soportes con ángulos de 1 in, para el convertidor solo se hizo perforaciones en la carrocería para fijarlo. Se utilizó amoladora, disco de corte y de pulir, taladro, broca.

Figura 59. Instalación del cargador y convertidor.



ELABORADO: AUTORES

Para fijar la cremallera de la dirección se hizo una base con ángulos de 2 in que va ubicado en la parte frontal del chasis. Se cortaron los ángulos a las medidas correspondientes y se mandó a soldar, el motor de la dirección eléctrica se pudo hacer coincidir con unos agujeros en la cabina, luego se instaló en módulo de control de la dirección se perforó la cabina y con pernos se fijó el módulo. Se usaron amoladora, disco de corte y de pulir, soldadora, taladro, broca, llaves. En la Figura 60 muestra la instalación de los componentes de la dirección.

Figura 60. Instalación de dirección electroasistida.



ELABORADO: AUTORES

En la Figura 61 se presenta la instalación del tablero y del pedal de aceleración e identificación de cableado, para fijar estos elementos se utilizaron pernos y tuercas. Se emplearon taladro, brocas y llaves.

Figura 61. Instalación de pedal de aceleración y tablero.



ELABORADO: AUTORES

4.2.7.8. Instalar el sistema de suspensión (Semana 8).

Debido a que no se podían instalar los frenos de discos y los amortiguadores nuevos, se tuvo que instalar nuevamente el sistema de freno anterior, así mismo se instalaron las barras de torsión como se muestra en la Figura 62. Se utilizaron llaves, dados, ratchet.

Figura 62. Instalación de barras de torsión y suspensión delantera.



ELABORADO: AUTORES

Se intentó instalar el paquete de hojas nuevo, pero no se pudo adaptarlo porque la longitud eran demasiadas pequeñas a las que se le especificó al proveedor, como solución se tuvo que instalar las hojas de resorte anteriores. En la Figura 63 se presenta la instalación del diferencial junto con el motor eléctrico como se presenta. Se usaron llaves, gatos hidráulicos.

Figura 63. Instalación de suspensión y diferencial.



ELABORADO: AUTORES

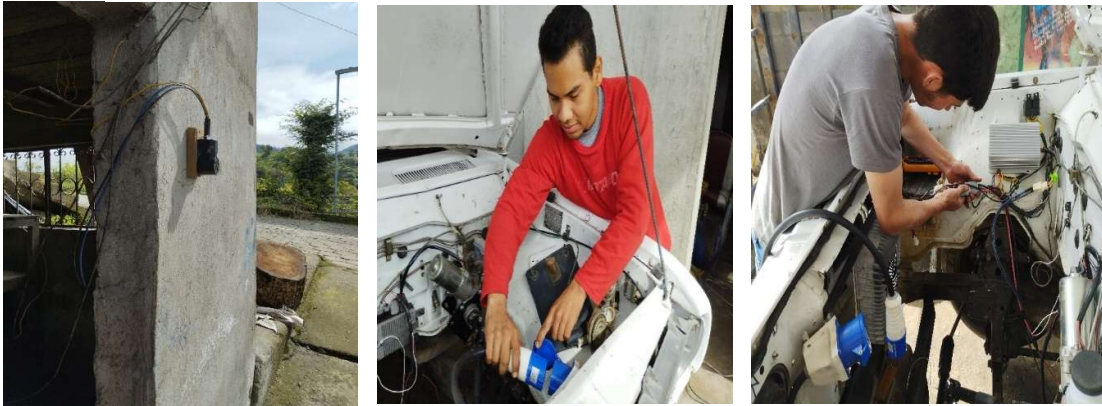
4.2.7.9. Adquisición del sistema de frenos (Semana 9).

Se realizan las gestiones necesarias para conseguir el recurso económico para comprar tuberías de freno, líquido de freno cables para la batería, cables para realizar la conexión del cargador, tomas del cargador tanto para el vehículo como para la parte que está conectada a la red pública eléctrica, cables para conectar el cargador hacia la batería y cables para hacer extensiones de las conexiones dentro de la cabina del vehículo.

4.2.7.10. Conexión de componentes instalados (Semana 10).

En la Figura 64 muestra el proceso de instalación de los cables faltantes en el sistema de carga y de batería, también se realizan las conexiones con la red eléctrica pública, se adaptan las tomas de cargas en el vehículo. Se emplearon destornilladores, pinzas, taladro, brocas, cinta aislante.

Figura 64. Instalación de conexiones eléctricas para cargar las baterías.



ELABORADO: AUTORES

Se armó al banco de baterías con todos los componentes que lo conforman; pero al presionar el botón de encendido del módulo de control, la pantalla comenzó a parpadear y se apagaba el equipo se intentó varias veces. La Figura 65 muestra el funcionamiento intermitente del módulo de control de la batería. Se usaron herramientas como llaves, guantes de protección eléctricos.

Figura 65. Módulo de control de las baterías



ELABORADO: AUTORES

4.2.7.11. Cargar baterías en pequeños grupos (Semana 11).

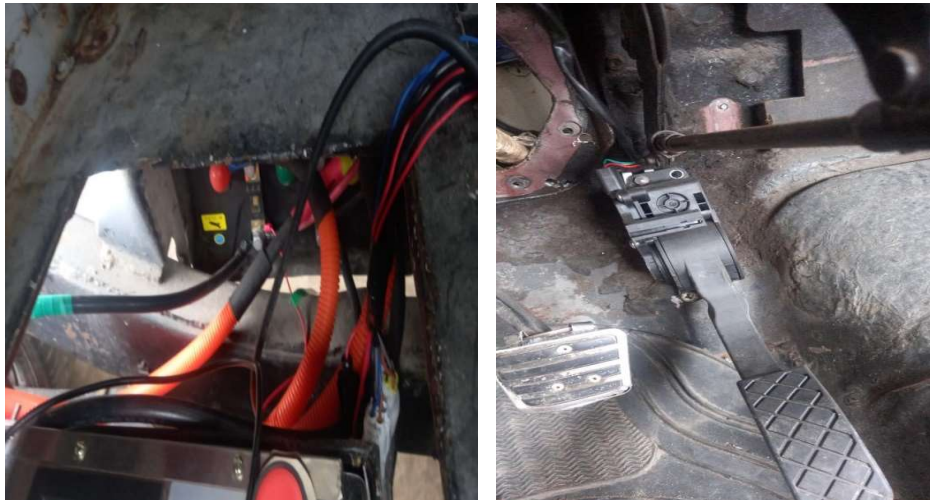
El proveedor recomienda que se cargue todas las celdas con un voltaje de 3,26 V, como no se tenía un cargador que abastezca a las 45 celdas, se utilizó una fuente de computadora y se podía cargar máximo 3 celdas, cargando por día de 5 a 6 celdas. Se usó fuente de energía de computadora, cables, conectores tipo lagarto.

4.2.7.12. Ensamble del banco de batería (Semana 12).

Se logró terminar de cargar todas las celdas y se procedió a armar nuevamente el banco de baterías, consiguiendo que el módulo de control funcione normalmente. En sí, la causa que provocaba el parpadeo fue por las celdas que estaban con poca carga.

En la Figura 66 muestra la conexión del motor, controlador, acelerador y el banco de batería, para comprobar que el motor y los demás equipos funcionen correctamente. Se emplearon llaves, guantes de protección eléctrica.

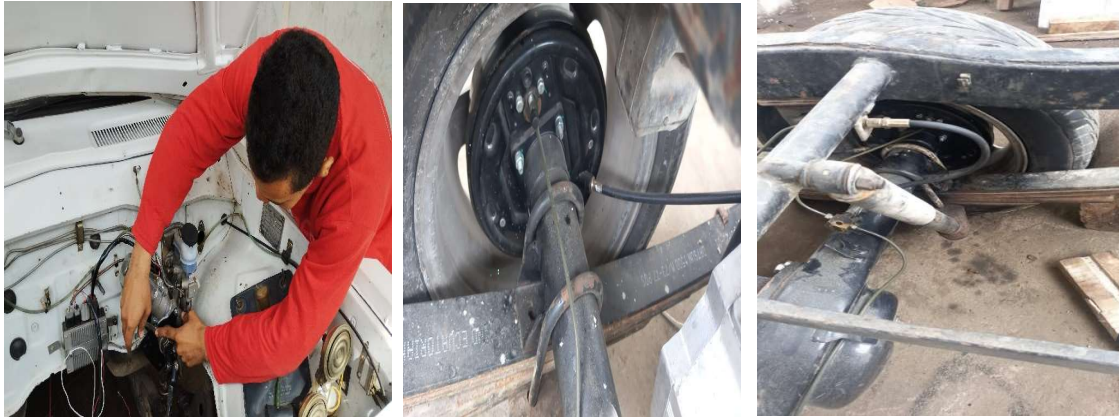
Figura 66. Conexión del motor, controlador, acelerador y el banco de batería.



ELABORADO: AUTORES

En la Figura 67 se presenta la instalación de la nueva bomba de frenos y las nuevas cañerías, también se soluciona la fuga de líquido por la bomba y por las uniones en la parte posterior, se extrae el aire del sistema de freno y se regulan los frenos. Se utilizaron llaves, playo de presión, teflón.

Figura 67. Instalación del nuevo sistema de frenos.



ELABORADO: AUTORES

4.2.7.13. Instalación de protecciones a los equipos (Semana 13).

Se adaptan la llave de contacto, el botón de parada de emergencia, el interruptor de control de giro del motor, se identifican y se conecta cada uno de los cables de estos elementos. Se empleó taladro, brocas, llaves, destornilladores, lima redonda, pinzas cinta aislante. En la Figura 68 se presenta la instalación y adopción de componentes de mando y de señal en el interior de la cabina.

Figura 68. Instalación de controles dentro de la cabina.



ELABORADO: AUTORES

Se construye una base para el controlador con ángulos de 1 in; también se hace una caja de protección para controlador con una lámina de acero galvanizado, dentro de la caja se colocó una lámina caucho de protección como aislante eléctrico. Se usaron amoladora, disco de corte y de pulir, taladro, broca, tijera para cortar metal. En la Figura 69 muestra la

construcción de la estructura de anclaje y de protección del controlador ubicado en la parte inferior de la cabina.

Figura 69. Elaboración de soporte para el controlador.



ELABORADO: AUTORES

Se procedió con la soldadura, pero antes de iniciar para evitar cualquier riesgo se retiró las celdas de la batería porque estaban cerca del área donde se iba a soldar, se soldó lo siguiente el diferencial para poderlo fijar, las bases para los asientos, el soporte del controlador. Las herramientas utilizadas fueron soldadora, electrodos, amoladora, disco de pulir. En la Figura 70 muestra el proceso de unión del diferencial con las bases mediante soldadura.

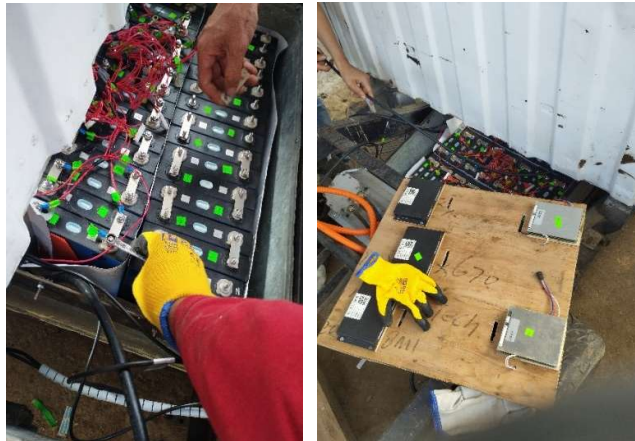
Figura 70. Fijación del diferencial.



ELABORADO: AUTORES

Se colocan las celdas de batería y se conecta todo el arnés de cables del BMS, del módulo de control de batería se comprueba que todo esté funcionando correctamente. También se instala el controlador en la carrocería. Se usaron llaves, cinta aislante, pinzas, dados, ratchet. En la Figura 71 se presenta la instalación y verificación del banco de batería.

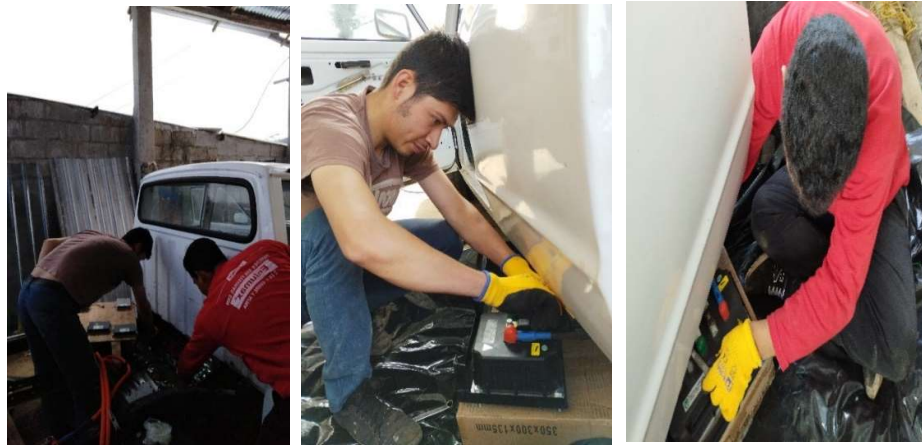
Figura 71. Instalación de la batería.



ELABORADO: AUTORES

En la Figura 72 muestra la instalación del controlador en la parte inferior de la cabina.

Figura 72. Instalación del controlador.



ELABORADO: AUTORES

En la Figura 73 se presenta la conexión de todos los cables del sistema en general, también se instalan los asientos delanteros y se verifica que todos los otros sistemas se encuentren en funcionamiento.

Figura 73. Conexión de cables.



ELABORADO: AUTORES

4.2.7.14. Pruebas de funcionamiento (Semana 14).

Se lleva a cabo la primera salida del vehículo, teniendo inconveniente con la dirección que no se podía maniobrar correctamente, se reemplaza por la dirección mecánica que tenía el vehículo. Se utilizó llaves, playo de presión, gatos hidráulicos, desarmador. En la Figura 74 muestra la realización de la primera prueba de funcionamiento y el cambio de la dirección.

Figura 74. Primera prueba del funcionamiento del vehículo eléctrico.



ELABORADO: AUTORES

En la Figura 75 se presenta la trayectoria de la segunda prueba, se hizo un recorrido de 5 km, verificando que el sistema de propulsión fue todo un éxito el vehículo se desplazó correctamente hasta la empresa CEDCAL que fue en donde se pesó el vehículo en una báscula, dando una masa total de 950 kg.

Figura 75. Segunda prueba del funcionamiento del vehículo eléctrico.



ELABORADO: AUTORES

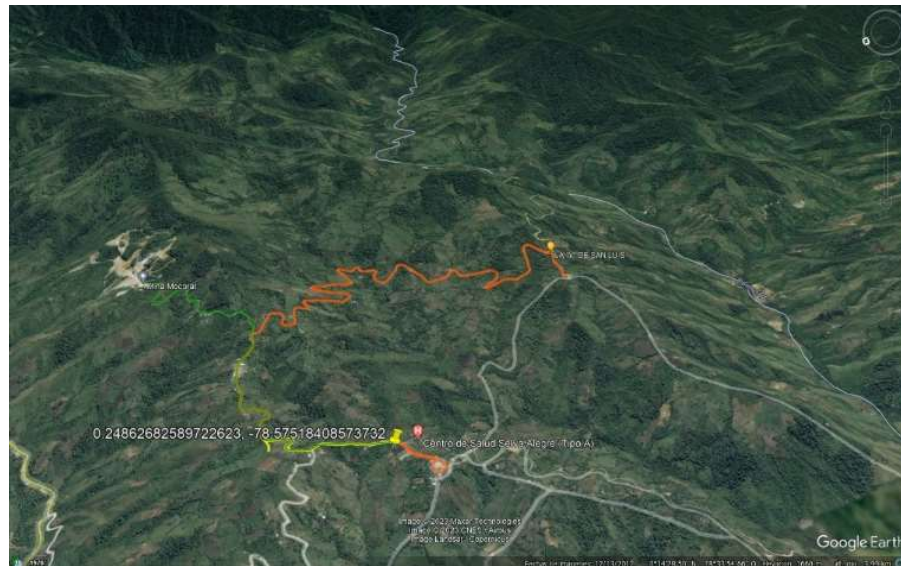
4.2.7.15. Instalación de dirección mecánica adquirida (Semana 15).

Se instala la nueva dirección y se realiza 3 recorridos con total éxito, se obtuvo datos de prueba en ruta, se verificó que todos los sistemas están en funcionamiento correctamente; la batería ya se encuentra en 16% por lo cual se procede a cargarla.

4.2.8. Pruebas realizadas en ruta con el vehículo eléctrico.

Se realizaron 3 rutas en la ciudad de Otavalo, la primera desde el punto de inicio Parroquia Selva Alegre al cementerio de la parroquia con una distancia de 1,67 km, la segunda fue de la Parroquia Selva Alegre hacia la empresa CEDCAL con una distancia de 5,81 km y la tercera desde la Parroquia Selva Alegre a la Parroquia San Luis con una distancia de 13,5 km. En la Figura 76 se presenta el recorrido de las tres rutas en el programa de Google Earth.

Figura 76. Rutas de la experimentación.

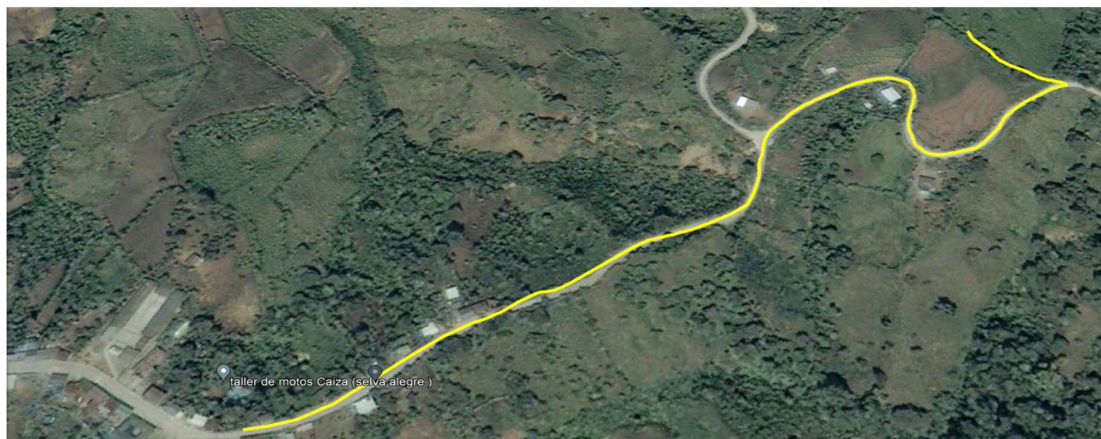


ELABORADO: AUTORES

4.2.8.1. Primera ruta.

En la Figura 77 muestra la imagen de satélite de la primera ruta Selva Alegre al Cementerio parroquial.

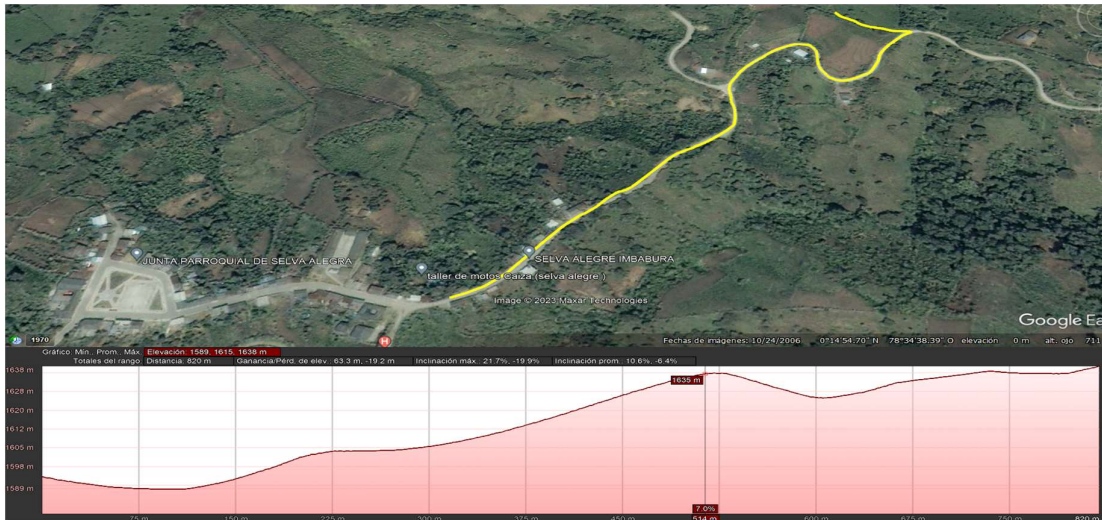
Figura 77. Primera ruta de prueba.



ELABORADO: AUTORES

En la Figura 78 muestra el valor promedio de las pendientes el cual fue de 10,6% obtenido de la aplicación Google Earth.

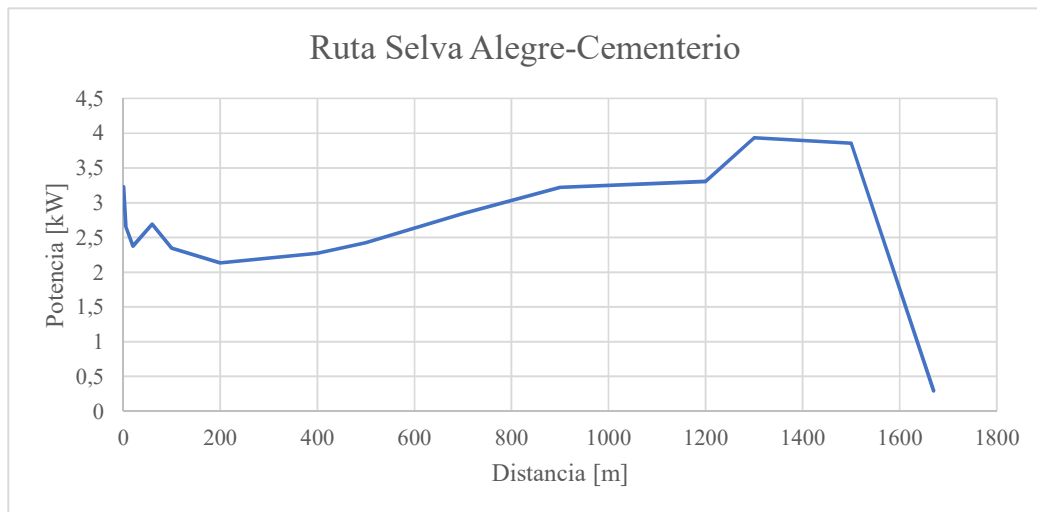
Figura 78. Promedio de pendientes.



ELABORADO: AUTORES

En la Figura 79 muestra la curva de potencia del motor versus la distancia recorrida de 1670 m de ida y vuelta. El motor eléctrico tuvo un comportamiento eficiente en todo el trayecto respondiendo a todos los requerimientos del conductor. Se obtuvo un pico de potencia más alto de todo el trayecto de 3,93 kW, esto sucedió porque en ese punto el relieve del terreno era una cuesta pronunciada. La variación de la potencia en este recorrido es baja porque el terreno tiene menor presencia de subidas y bajadas, por lo tanto, la curva potencia vs distancia es más estable. En la conducción se acelera y se desacelera de acuerdo al entorno por donde se circula.

Figura 79. Potencia vs distancia de la primera ruta con vehículo eléctrico.

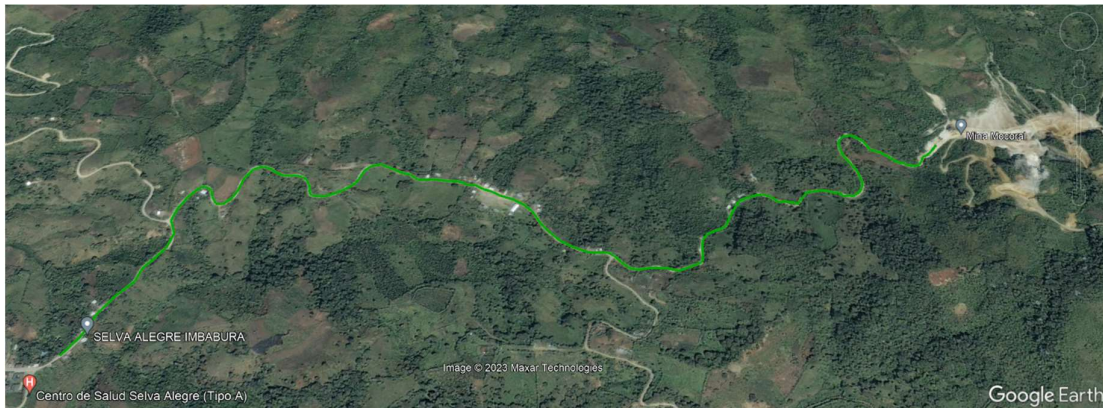


ELABORADO: AUTORES

4.2.8.2. Segunda ruta.

En la Figura 80 muestra la imagen de satélite de la segunda ruta Selva Alegre a la empresa CEDCAL.

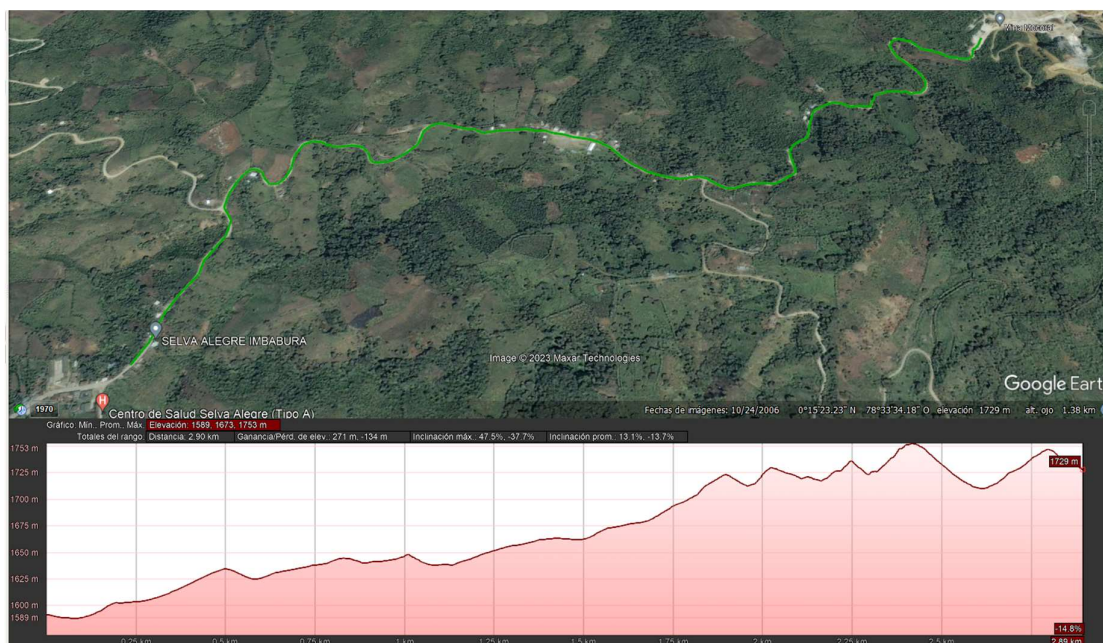
Figura 80. Segunda ruta de prueba.



ELABORADO: AUTORES

En la Figura 81 muestra el valor promedio de las pendientes el cual fue de 13,1% obtenido de la aplicación Google Earth.

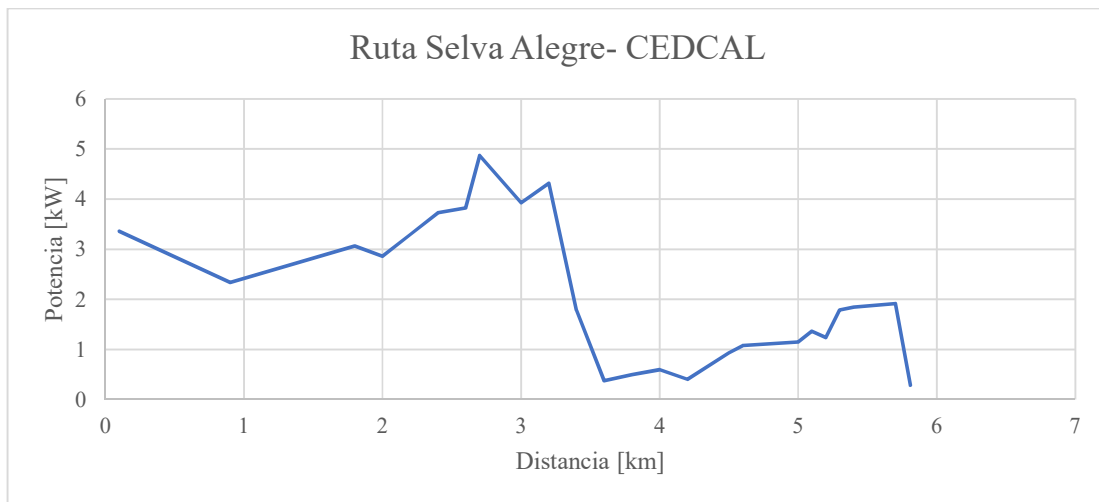
Figura 81. Promedio de pendientes en la segunda ruta.



ELABORADO: AUTORES

En la Figura 82 muestra el recorrido de la segunda ruta con una distancia de 5,81 km teniendo el pico de potencia más alto de 4,87 kW cuando la velocidad subió de $32 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ a $35 \frac{\text{km}}{\text{h}}$, y la velocidad promedio fue de $20 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. La curva tiene una variación considerable entre los kilómetros 2 y 3 fue en donde más se requirió de potencia debido a la condición del terreno y de las pendientes. La declinación de la curva entre el kilómetro 3 y 4 es porque el terreno estaba inclinado y de acuerdo al sentido de circulación el vehículo estaba en descenso.

Figura 82. Potencia vs distancia de la segunda ruta con vehículo eléctrico.

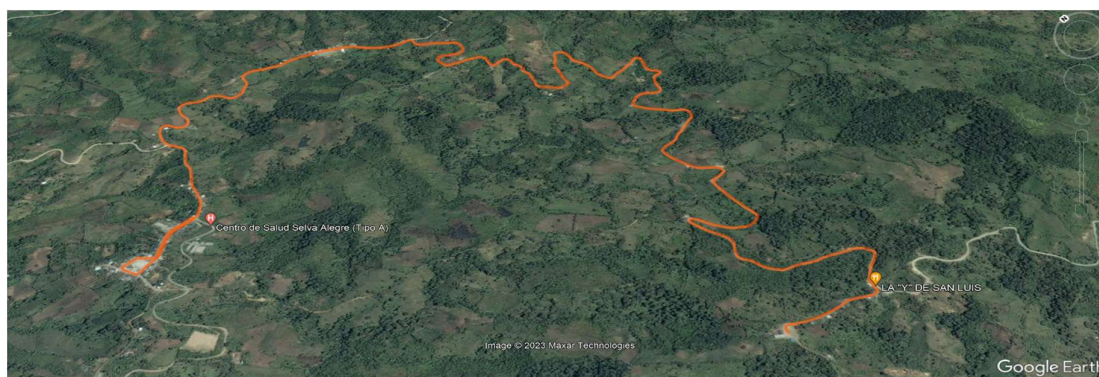


ELABORADO: AUTORES

4.2.8.3. Tercera ruta.

En la Figura 83 muestra la imagen de satélite de la tercera ruta Selva Alegre a San Luis.

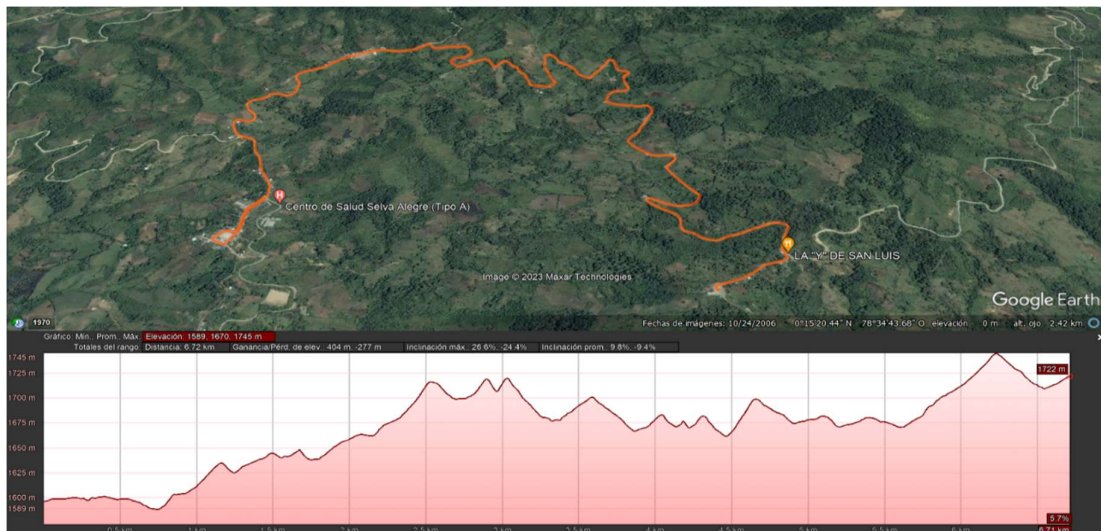
Figura 83. Tercera ruta de prueba.



ELABORADO: AUTORES

En la Figura 84 muestra el valor promedio de las pendientes el cual fue de 9,8% obtenido de la aplicación Google Earth.

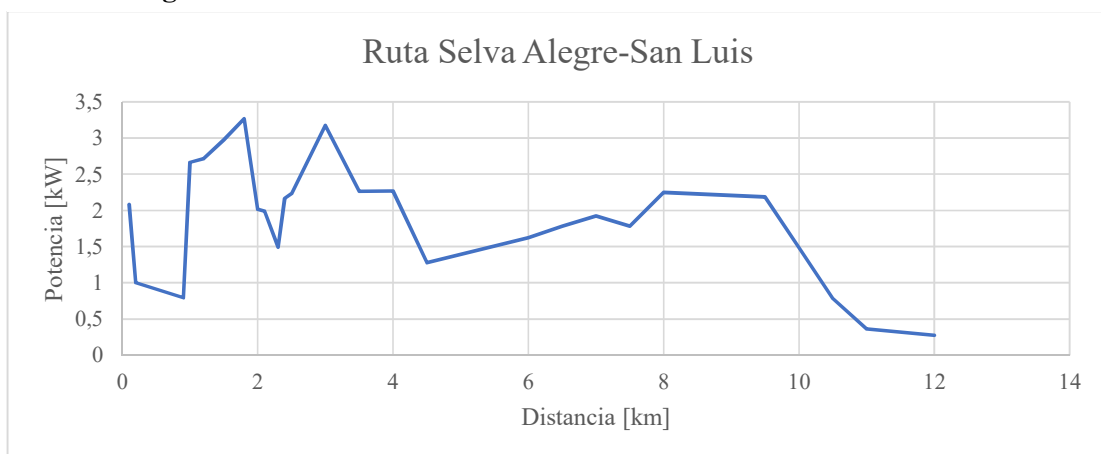
Figura 84. Promedio de las pendientes de la tercera ruta.



ELABORADO: AUTORES

En la Figura 85 muestra el recorrido de la tercera ruta con una distancia de 13,50 km teniendo el pico de potencia más alto de 3,27 kW. En los primeros 5 km fue en donde se necesitó mayor potencia, pero no más de 3,50 kW y la curva tiene bastante variación porque la carretera presentaba altas irregularidades. Aproximadamente desde la mitad del recorrido hasta el final la curva es más estable e incluso hay una potencia constante debido a que el terreno era plano. La velocidad máxima en el recorrido fue de $59 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ y un consumo de 22,88 A.

Figura 85. Potencia vs distancia de la tercera ruta con vehículo eléctrico.



ELABORADO: AUTORES

En los tres recorridos realizados se puede observar que la potencia del motor no sobrepasa los 5 kW, es decir está ocupando el 25% de la potencia nominal que tiene el motor, esto sucede porque en todo el recorrido la camioneta solo tenía la masa propia y las de dos ocupantes, aproximadamente la masa total fue de 1100 kg. Otro factor importante que influye es la velocidad, al incrementar la velocidad el motor aumenta su potencia para satisfacer los requerimientos del conductor. Dependiendo del relieve del terreno por donde se está desplazando, también es un factor que incide en el aumento de potencia, es decir cuando se sube una pendiente. Por último, si se aumenta la velocidad o la masa, se obtendrá como resultado que el motor producirá mayor potencia y existirá un mayor consumo de energía de las baterías.

En cuanto al consumo energético se obtuvo lo siguiente, en la primera ruta con una distancia de 1,67 km el consumo fue de 0,080 kWh, en la segunda ruta se recorrió 5,81 km y el consumo fue de 0,315 kWh, en la última ruta con una distancia de 13,5 km el consumo energético fue de 0,487 kWh. El recorrido total fue de 20,98 km y el consumo final fue de 0,882 kWh; se debe mencionar que el consumo es bajo debido a diferentes factores importantes como la velocidad, la masa y el tipo de relieve de la carretera. Todas las rutas por donde se circuló tenían pendientes y bajadas, en el descenso el vehículo no consumió energía favoreciendo al incremento de autonomía.

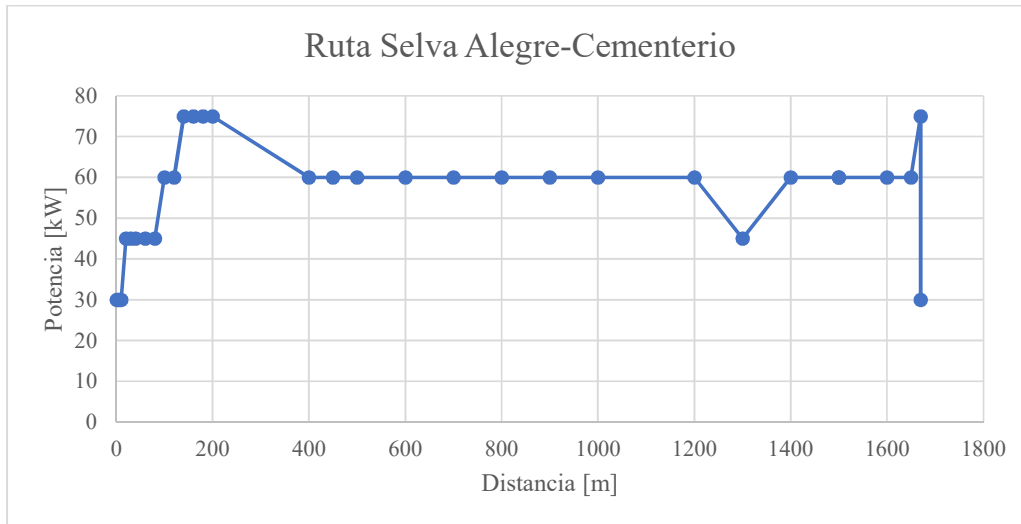
4.2.9. Pruebas realizadas en ruta con el vehículo de combustión.

Se realizó la prueba por las mismas rutas y con las mismas condiciones de velocidad para comparar la eficiencia energética, pero ahora con un vehículo de combustión interna que tiene un motor de 2,5 litros, generando una potencia máxima de 105 kW y una masa de 1855 kg.

4.2.9.1. Primera ruta.

En la Figura 86 se obtiene la curva de potencia versus distancia de la primera ruta teniendo una potencia máxima 75 kW y la velocidad máxima que se alcanzó fue de $50 \frac{\text{km}}{\text{h}}$, se puede observar que existe tramos en donde la potencia es constante y esto se debe a que la velocidad también se mantenía constante. Cuando decrece la potencia es porque se disminuye de velocidad y de marcha a la cual se estaba desplazando.

Figura 86. Potencia vs Distancia de la primera ruta con vehículo de combustión.

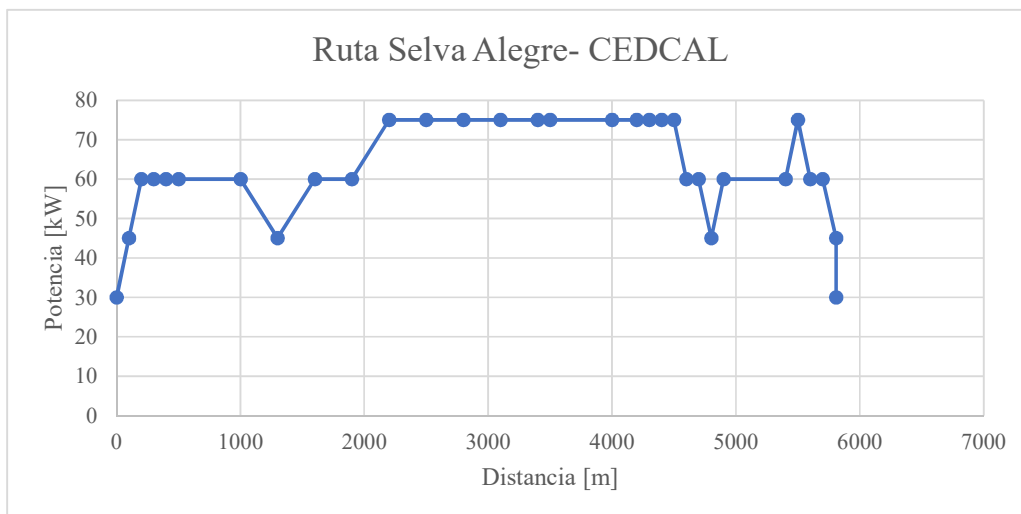


ELABORADO: AUTORES

4.2.9.2. Segunda ruta.

En la Figura 87 muestra la curva de potencia versus distancia de la segunda ruta como resultado se obtiene una potencia máxima alcanzada de 75 kW y la menor potencia fue de 30 kW que es cuando el vehículo está en ralentí. El comportamiento de la curva es más variable en esta ruta debido al relieve que presenta. Entre el kilómetro 2 y 5 la potencia es constante con esto no quiere decir que el relieve de carretera esta plana si no que el vehículo está desplazándose a una velocidad constante.

Figura 87. Potencia vs Distancia segunda ruta con vehículo de combustión.

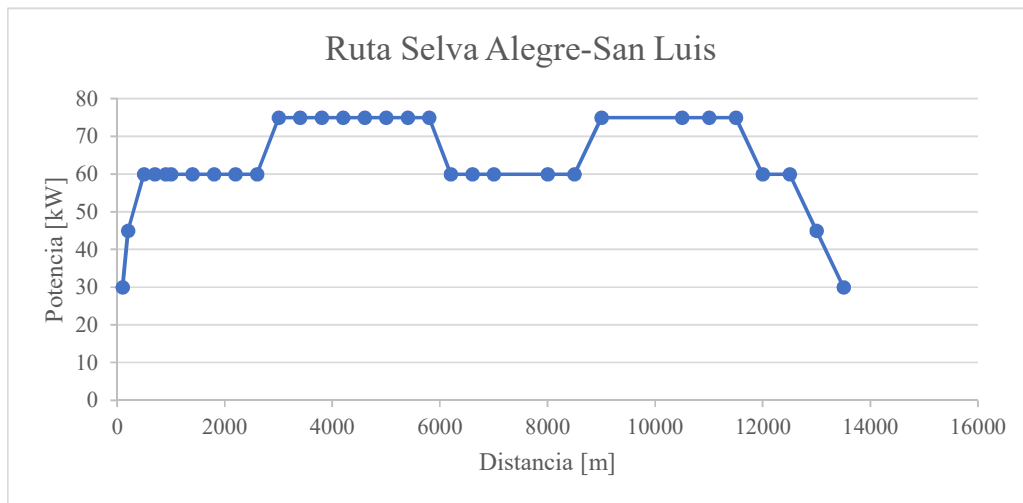


ELABORADO: AUTORES

4.2.9.3. Tercera ruta.

En la Figura 88 muestra la curva de potencia versus distancia de la tercera ruta en este recorrido el vehículo tuvo un comportamiento similar a las rutas anteriores, obteniendo las mismas potencias máxima y mínima, esto sucede porque se desplazó a velocidades similares y la marcha de velocidad solo fue hasta segunda.

Figura 88. Potencia vs Distancia tercera ruta con vehículo de combustión.



ELABORADO: AUTORES

Tomando en cuenta que en un vehículo de combustión interna el consumo que tiene por cada 100 km es de 7,8 litros, con este dato se determinó que para la primera ruta consumió 0,12 litros, en la segunda ruta fue de 0,45 litros, por último, consumió 1,053 litros de combustibles.

De acuerdo a la característica del combustible 1 litro contiene 8,9 kWh de energía, con este dato se pudo determinar el consumo energético del vehículo de combustión. En la Tabla 6 se presenta la comparación del consumo energético que se obtuvo en las tres rutas con el vehículo eléctrico y con el vehículo de combustión.

Tabla 6. Comparación del consumo energético.

Rutas	Consumo energético	Consumo energético
	vehículo de combustión	vehículo eléctrico
	(kWh)	(kWh)
1	1,068	0,08
2	4,005	0,315
3	9,372	0,487
Total	14,44	0,882

ELABORADO: AUTORES

Se puede observar que en un vehículo convencional el consumo energético es 16 veces más que el del vehículo eléctrico. Uno de los factores que influyen en este incremento es que los motores eléctricos no tienen un estado ralenti como los de combustión y es por ello que al momento de dejar de presionar el acelerador la potencia decae a 0 kW, sucediendo todo lo contrario en el vehículo de combustión que al dejar de acelerar aún el motor se mantiene en movimiento con una potencia de 30 kW.

La relación masa potencia del vehículo eléctrico es de $47,5 \frac{\text{kg}}{\text{kW}}$, debido a que la masa del vehículo es de 950 kg y la potencia del motor eléctrico es de 20 kW. En los vehículos de combustión interna se busca que este factor sea el más bajo posible para así reducir el consumo. En un vehículo eléctrico al tratar de reducir la masa siempre se va a enfocar en la batería debido a que es el elemento que mayor masa tiene, se puede reducir la masa tomando en cuenta que el voltaje total de la batería, la tasa de descarga que debe cumplir con lo requerido para el funcionamiento del motor, esto se logra instalando celdas con un capacidad energética de 85 Ah manteniendo los 144 V se obtiene 12,2 kWh de esta manera se obtiene una batería más ligera y pequeña pero con menor autonomía.

Tomando en cuenta la potencia máxima que tiene del motor y la velocidad máxima que puede brindar se determina la masa máxima del vehículo eléctrico. En la ecuación 3 se procede a despejar la variable masa (m), obteniendo la ecuación 12:

$$m = \frac{P_{tvel}}{V_{max}gfr} - \frac{\left(\frac{1}{2} \rho C_x A_f V_{max}^2\right)}{gfr} \quad (12)$$

$$m = \frac{20000 \text{ W}}{\left(27,78 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) (0,012)} - \frac{\left(\frac{1}{2} \left(1,225 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) (0,4)(2,2 \text{ m}^2) \left(27,78 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2\right)}{\left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) (0,012)}$$

$$m = \frac{20000 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \frac{\text{m}}{\text{s}}}{3,27 \frac{\text{m}}{\text{s}} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} - \frac{415,96 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \frac{\text{m}^4}{\text{s}^2}}{0,117 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$m = \frac{20000 \text{ kg}}{3,27} - \frac{415,96 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{0,117 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$m = 6116,2 \text{ kg} - 3555,21 \text{ kg}$$

$$m = 2560,99 \text{ kg}$$

La masa máxima que puede tener todo el vehículo es de 2560,99 kg, si se toma en cuenta que cuatro personas de 75 kg cada una están en la cabina del vehículo, entonces la carga útil sería de 1311 kg. Con esta masa máxima las potencias de velocidad, aceleración y de pendiente máxima no superan los 19,94 kW, es decir que el motor funcionará sin ningún tipo de inconveniente durante el recorrido.

4.2.10. Análisis de costos.

A continuación, en la Tabla 7 se especifican todos los costos relacionados con la conversión del vehículo.

Tabla 7. Costos de materia prima.

DESCRIPCIÓN	PRECIO PRODUCTOS	CÓDIGO PARTIDA ARANCELARIA	PORCENTAJE PARTIDA ARANCELARIA	100,00%	SEGURO	NACIONALIZACIÓN	VALOR DE FLETE INTERNACIONAL	SALIDA DE DIVISAS
Motor eléctrico 20 kW	\$730,00	8501.52.20.00	5%	10,69%	\$40,85	525.68	\$ 358.40	\$151,25
Diferencial trasero	\$580,00	8708.50.21.00	0%	8,49%				
Convertidor DC-DC	\$65,00	8504.31.90.00	0%	0,95%				
Controlador	\$750,00	8537.10.90.90	5%	10,98%				
Cargador	\$380,00	8504.40.90.00	0%	5,56%				
Dirección electro asistida	\$250,00	8508.94.00.00	5%	3,66%				
Freno con bomba de vacío	\$100,00	8708.30.29.00	0%	1,46%				
Sist. suspensión	\$380,00	7326.90.90.00	0%	2,00%				
Frenos de discos delanteros	\$50,00	9029.20.10.00	0%	2,00%				
Batería de 144 V	\$2.420,54	8506.50.90.00	25%	55,34	\$27,54	\$349,36	\$361,00	\$121,00
BMS	\$640,00	9029.20.10.00	25%	0,73%	\$5,00	\$65,00	\$105,00	\$6,40
Costo de Compra	\$6.345,54				\$73,39	\$414,36	\$466,00	\$278,65
Gastos imprevistos	\$193,21							
Agente de aduana	\$950,00							
Trans. nacional	\$450,00							
Soldador	\$80,00							
Vehículo	\$2.100,00							
Documentación + pasajes	\$1.500,00							
Inversión total	\$12.657,94							

ELABORADO: AUTORES

En la Tabla 8 muestra los materiales adicionales que se utilizaron para hacer las adaptaciones de los equipos.

Tabla 8. Materiales y herramientas.

Cantidad	Descripción	Valor
1	Angulo de 1 ½ in	20
1	Angulo de 1 in	10
1	Plancha galvanizada	15
50	Pernos	10
8	Cables	60
50	Terminales de cable	3
3	Cinta aislante	2,4
4	Tomas de corriente y enchufes	23
5	Brocas	10
1	Tijera de cortar metal	8
4	Electrodos	15,2
4	Disco de corte	8
2	Disco de pulir	8
TOTAL		192,6

ELABORADO: AUTORES

En la Tabla 9 muestra la comparación de gastos en vehículo liviano que circula en promedio 100 km diario.

Tabla 9. Gasto de movilidad de un vehículo eléctrico y uno de combustión.

Actividad anual	Movilidad vehículo	Movilidad
	a gasolina	Eléctrica
Combustible	\$1825	\$416
Lubricantes	\$300	\$20
Neumáticos	\$360	\$360
Reparación mayor	\$500	\$120

ELABORADO: AUTORES

La batería que se instaló en el vehículo tiene una capacidad de 18 kWh y la potencia del cargador es de 3,3 kW y el consumo máximo durante el funcionamiento sería de 15 A, por lo tanto, el tiempo en que se demora cargar de 0 a 100% es de aproximadamente 5 horas con 25 minutos en carga lenta o modo 2 mientras que con una carga rápida puede durar 30 minutos cargador modo 4.

En Ecuador el precio del servicio eléctrico por kilovatio hora actualmente es de 9,2 ctvs, la carga completa de la batería del vehículo costaría \$ 1,65. Anualmente el costo por carga sería de \$ 416, esto se cumple cuando el vehículo se recarga 21 veces al mes.

El vehículo eléctrico de este proyecto de investigación está delimitado para el uso urbano en el cual aproximadamente recorrería 20 km al día, es decir que cada 5 días se debería cargar la batería. Para cargar la batería no es necesario que el porcentaje de carga sea bajo (10%), es decir si la batería está en un 70 u 80 % de carga se puede conectar para que complete a un 100%, esto no afecta al tipo de batería instalada en el vehículo. Para estas condiciones en un recorrido urbano es factible porque económicamente en una semana no gastaría más de \$2 en recargar la batería, se puede conectar en tomacorrientes de 110 V y en ciertos centros comerciales del Ecuador permiten conectar el vehículo gratuitamente mientras realizan las compras. Con un vehículo de combustión se gastaría aproximadamente \$7 en combustible para recorrer 100 km en 5 días en la ciudad.

Si se desea realizar recorridos en carreteras de más de 100 km se debe planificar puntos de carga, para lograr llegar al destino final, otra opción es de implementar mayor cantidad de batería para aumentar la autonomía del vehículo. Por lo tanto, el vehículo diseñado no sería 100% factible para viajes largos o salvo el caso que existan electrolinerías, las cuales permiten cargar el vehículo en 30 minutos.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

- Se seleccionó los componentes de acuerdo a los requerimientos de aceleración del vehículo convertido, el motor de tracción fue seleccionado de 20 kW de potencia, de igual manera el controlador, mientras que el convertidor DC-DC fue seleccionado de 600 W suficiente para hacer funcionar los sistemas auxiliares. La batería instalada es de una capacidad de 18 kWh apta para recorrer diariamente las distancias promedio. Las pruebas de funcionamiento se desarrollaron en diferentes rutas con un total de 20,98 km teniendo como resultado una potencia máxima de 5 kW y un consumo energético de 0,882 kWh mientras con un vehículo convencional la potencia máxima fue de 75 kW y un consumo de 14,44 kWh, es decir que el motor eléctrico no necesita desarrollar altas potencia para dar el torque necesario para desplazar el vehículo.
- El funcionamiento del sistema de conversión para la camioneta fue realizado con éxito bajo el ciclo de conducción NEDC que se realizó en modelado matemático en Matlab-Simulink, la batería de LIFEP0₄ no está en el programa es por ello que se realizó una adaptación de los parámetros que tiene el software por defecto para que sea similar al sistema de almacenamiento de energía instalado, la modificación realizada no genera alteraciones en la simulación de manera que la capacidad energética de la batería es igual de 18 kWh.
- El tren de potencia instalado es el adecuado para cubrir la demanda delimitada en el planteamiento del problema, en las rutas en las cuales se realizó las prácticas la potencia máxima de 5 kW está muy por debajo de la potencia nominal del motor instalado de 20 kW. Si se realiza un recorrido por rutas similares con una carga completa de la batería aproximadamente duraría una semana.
- El vehículo eléctrico requiere de menor mantenimiento porque tiene menos componentes móviles en comparación con los vehículos de combustión, aún con esta característica fue necesario establecer un plan de mantenimiento, en el que se detallan las actividades a realizar ya sea trimestral o semestral de acuerdo al equipo. En un recorrido en el área urbana no se supera los $50 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ por lo tanto el rendimiento del vehículo es factible porque aproximadamente se desplazaría 20 km al día, es decir la

carga de la batería duraría 5 días y cuando el vehículo este estacionado se puede conectar sin considerar que la batería tenga un 80% de carga.

5.2.Recomendaciones.

- Se debe tener en cuenta el costo de mantenimiento y movilidad en un aproximado de 5 años para poder apreciar la rentabilidad que se obtiene con un vehículo convertido, debido que el costo de los equipos para la conversión es alto en comparación con la compra de un vehículo convencional completamente nuevo.
- Los costos de adquisición de componentes para la conversión son elevados debido que en el país no se distribuyen los equipos adecuados para realizar este tipo de proyectos, como por ejemplo es casi imposible encontrar celdas de batería de LiFePO_4 las cuales son las más adecuadas para el proceso de conversión.
- Al realizar una conversión de un vehículo se considera reducir a la máxima la masa del vehículo debido que si el chasis y carrocería son pesados se debe instalar los equipos con una potencia mayor y un banco de batería más grande para poder cubrir el recorrido necesario, ejemplo un SEDÁN se necesitaría una potencia de unos 15 kW y batería de unos 14 kWh, mientras que para un PICK-UP se necesitaría unos 20 kW y la batería por obvias razones debe ser más grande rondando los 20 kWh.
- Se recomienda la utilización de este tipo de baterías porque son las más adecuadas para la instalación de conversión de vehículos a eléctricos debido a su vida útil, capacidad para almacenar energía, entre ellas están las baterías de iones de litio, polímero de litio, litio hierro fosfato, níquel cadmio, aunque estas últimas ya no son muy empleadas.
- Se puede usar las baterías que se encuentran con mayor frecuencia en el Ecuador las cuales son de plomo ácido de ciclo profundo que ya hace muchos años se utiliza en almacenamiento de energía solar, se puede instalar en conversiones, pero no es lo más recomendable debido a su baja vida útil, son muy pesadas y voluminosas.

- La importación de equipos para realizar estos proyectos es un tanto complicado porque se necesitan permisos y ser registrado como importador, por tal razón el proceso de adquisición de los equipos tardó más de lo previsto, la compra y el proceso de envío tarda entre 3 y 4 meses, el proceso de nacionalización de igual manera puede durar entre 2 semanas hasta 3 meses.
- Se debe considerar que la importación de baterías es más complicada por la dificultad de encontrar una embarcación que acepte transportar baterías debido a que son consideradas productos peligrosos y es imposible el transporte por vía aérea.
- Tener en cuenta que la instalación de baterías derivadas del litio se necesitan equipos especiales para su correcto funcionamiento como son el sistema de gestión de baterías (Un Building Management System o BMS) y el Balanceador o equalizador, muchos BMS tienen un balanceador integrado en caso de no tenerlo se debe instalar uno separado.
- Para tener un ahorro al momento de importar equipos se considera el costo del equipo y búsqueda de empresas fabricantes, reducir al máximo los proveedores, realizar un solo envío para que el agente de aduana cobre solo por proveedor y no de diferentes debido a que los agentes de aduana cobran en promedio \$350 por ítems.
- Si se quiere un mayor ahorro en el proceso de importación se puede realizar una triangulación la cual ayuda a reducir costos, como por ejemplo algunas empresas chinas cuando se hacen compras mayores a los \$20.000 realizan envíos gratis a EEUU y luego se puede hacer un envío más económico a Ecuador, porque el envío directo China-Ecuador tiene un alto costo.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Estrella, «El comercio,» 29 Noviembre 2021. [En línea]. Available: <https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/contaminacion-aire-esmog-pandemia-quito.html>. [Último acceso: 02 03 2022].
- [2] O. BARRERA y J. ROS MARÍN, Vehículos eléctricos e híbridos, Madrid: Editorial Paraninfo, 2017.
- [3] Mercedes-Benz, «ELECTRIC INTELLIGENCE BY MERCEDES-BENZ,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.mercedes-benz.com.ec/eq>. [Último acceso: 15 03 2023].
- [4] Toyota, «Economía sustentable,» 1 Noviembre 2021. [En línea]. Available: <https://economiasustentable.com/noticias/toyota-se-suma-a-la-onda-verde-y-lanza-su-primero-auto-electrico-las-caracteristicas-principales>. [Último acceso: 15 03 2023].
- [5] J. Blancarte, «Mercedes-Benz EQA 2021, el eléctrico de entrada a la familia EQ,» Autocosmos, 2021.
- [6] Toyota, «Motorpasion,» 19 Agosto 2019. [En línea]. Available: motorpasion.com/espaciotoyota/toyota-fabricante-coches-electricos. [Último acceso: 02 05 2022].
- [7] I. Arnaiz Sanz, Análisis de la evolución y el impacto de los vehículos eléctricos en la economía Europea, Madrid, 2015.
- [8] P. Frías Marín y J. Román Úbeda, «Dialnet,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/411/FR%C3%8DAS%20Y%20ROM%C3%81N.pdf>. [Último acceso: 27 06 2022].
- [9] EcoInventos, «EcoInventos green technology,» 18 Agosto 2018. [En línea]. Available: <https://ecoinventos.com/primeros-coches-electricos-de-la-historia/>. [Último acceso: 27 06 2022].
- [10] C. Tapia, M. Oliver y G. R. Sánchez, «Premio nobel de química 2019: baterías Ion-Li,» SCIELO, vol. 31, 2020.
- [11] C. Consulting, «Climate Consulting Selectra,» 3 Febrero 2023. [En línea]. Available: <https://climate.selectra.com/es/que-es/energias-renovables>. [Último acceso: 01 07 2022].

- [12] Remica, «Remica servicios energeticos,» 12 Marzo 2021. [En línea]. Available: <https://remicaserviciosenergeticos.es/blog/tipos-de-energia/>. [Último acceso: 02 07 2022].
- [13] Universidades Santander, «Santander Becas,» 01 06 2022. [En línea]. Available: <https://www.becas-santander.com/es/blog/tipos-de-energia-no-renovable.html>. [Último acceso: 03 07 2022].
- [14] Instituto de Investigación Geológico y Energético, «Balance energético nacional,» Quito, 2021.
- [15] Agencia de regulación y control de energía y recursos naturales no renovables, «Panorama Eléctrico,» Quito, 2022.
- [16] M. Pernia, «Conceptos Básicos de Máquinas de corriente continua,» *ResearchGate*, 10 2011.
- [17] S. Chapman, Máquinas Eléctricas, Mexico: Mc Graw Hill, 2012.
- [18] L. I. María, A. F. Guadalupe y C. B. Jesús., Motores de Corriente Alterna síncronos y Corriente Directa, México: Pistas Educativas, 2015, p. 15.
- [19] Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, «Motores Eléctricos,» de *Los Motores Monofásicos de Corriente Alterna*, México, Mc grawhill, 2018, p. 287.
- [20] G. Tepichin, Máquinas e Instalaciones Eléctricas UNIDAD N° 3 Motores asíncronos, 2010.
- [21] J. Gómez, «Campus virtual ULL,» 2019. [En línea]. Available: https://campusvirtual.ull.es/ocw/pluginfile.php/2129/mod_resource/content/1/Temario/Tema9_1415.pdf. [Último acceso: 25 07 2022].
- [22] PNGWING, «PNGWING,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.pngwing.com/es/free-png-sgtzm/download>. [Último acceso: 25 07 2022].
- [23] Prasad, N. Ding y T. Lie, «The electric vehicle: a review,» *RESEARCHGATE*, 2017.
- [24] M. Hannan, F. Azidin y A. Mohamed, «Hybrid electric vehicles and their challenges:,» *Science Direct*, vol. 29, pp. 135-150, 2014.
- [25] K. Chau y L. Wenlong, «Overview of electric machines for electric and hybrid vehicles’, (Invited Paper) International Journal of Vehicle Design,» *ScienceDirect*, vol. 64, pp. 46-71, 2014.

- [26] Autofacil, «Autofacil ¿Qué tipos de baterías para coches eléctricos existen?,» 29 Octubre 2020. [En línea]. Available: <https://www.autofacil.es/coches-electricos-e-hibridos/tipos-baterias-coches-electricos-existen/192306.html>. [Último acceso: 26 07 2022].
- [27] Simon, «Simonelectric, El vehículo eléctrico: elementos principales y funcionamiento.,» 10 Enero 2019. [En línea]. Available: <https://www.simonelectric.com/blog/el-vehiculo-electrico-elementos-principales-y-funcionamiento>. [Último acceso: 26 07 2022].
- [28] R. Frey, «Glpautogas.info Vehiculos eco, ¿Que es el hidrogeno verde o renovable?.,» 10 Noviembre 2022. [En línea]. Available: <https://www.glpautogas.info/es/como-funcionan-autos-carros-coches-hidrogeno.html>. [Último acceso: 28 07 2022].
- [29] U.S Department of Energy, «U.S Department of Energy. ¿Cómo funcionan los coches eléctricos híbridos?,» 18 Junio 2019. [En línea]. Available: <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-hybrid-electric-cars-work>.
- [30] A. Farina, «Motores eléctricos trifásicos: usos, componentes y funcionamiento.,» *Editores srl*, p. 5, 2 Abril 2018.
- [31] Tuningblog, «Tuningblog. Motor eléctrico de Revolt Systems como motor armado con 533 HP,» 6 Octubre 2020. [En línea]. Available: https://www.tuningblog.eu/es/kategorien/tipps_tuev-dekra-u-co/e-crate-engine-299729/. [Último acceso: 29 07 2022].
- [32] R. Pareja, «Car And Driver. Presentan un motor eléctrico Tesla de 600 CV adaptable para muscle car.,» 13 Octubre 2020. [En línea]. Available: <https://www.caranddriver.com/es/coches/planeta-motor/a34355031/motor-electrico-tesla-600-cv-adaptable-para-muscle-car/>. [Último acceso: 29 07 2022].
- [33] J. Spuch, «SOYMOTOR. El motor de un coche eléctrico: tipos y funcionamiento.,» 1 Febrero 2021. [En línea]. Available: <https://soymotor.com/coches/articulos/el-motor-de-un-coche-electrico-984469>.
- [34] V. Ortega, «Departament d'Enginyeria Electrónica, Eléctrica i Automática.,» 10 Junio 2002. [En línea]. Available: <http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/197pub.pdf>. [Último acceso: 29 07 2022].

- [35] Energyev, «Energy Ev. Partes y refacciones para vehículos eléctricos.,» 2020. [En línea]. Available: <https://energyev.com/tienda/convertidores-dc-dc/convertidor-dc-a-dc-para-bateria-de-12v-del-auto-green-galaxy-48v/>. [Último acceso: 29 07 2022].
- [36] Energy Ev, «Energy Ev. Convertidor DC a DC para batería de 12V del Auto Green Galaxy 96-144V,» 2021. [En línea]. Available: <https://energyev.com/tienda/convertidores-dc-dc/convertidor-dc-a-dc-para-bateria-de-12v-del-auto-green-galaxy-96-144v/>. [Último acceso: 30 07 2022].
- [37] C. Ramos, Análisis de un convertidor DC/DC destinado al almacenamiento híbrido de energía., Madrid, 2017.
- [38] J. Patton y M. Pérez, «Caracterización de la generación y evaluación de riesgos de las pilas y baterías en desuso en la Ciudad de Cochabamba.,» *Scielo*, vol. 3, n° 4, p. 34, 2007.
- [39] Twenergy, «Twenergy. Baterías para coches eléctricos: características y tipos.,» 23 Enero 2021. [En línea]. Available: <https://twenergy.com/coches-electricos/baterias-coches-electricos/>. [Último acceso: 02 08 2022].
- [40] J. Guacaneme, D. Velasco y C. Trujillo, «Revisión de las características de sistemas de almacenamiento de energía para aplicaciones en micro redes,» *Scielo*, vol. 25, n° 2, 23 10 2014.
- [41] Energetika, «Energetika. ¿Cómo está Constituida una Batería de Plomo-Ácido?,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.energetika.com.ar/constitucion.html>.
- [42] Motorpasion, «Motorpasion. Baterías de Níquel-Zinc: más pequeñas, más ligeras, más baratas,» 5 Junio 2011. [En línea]. Available: <https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/baterias-de-niquel-zinc-mas-pequenas-mas-ligeras>.
- [43] G. Caporaso, «Magazine yo reportero. La batería de níquel-hierro, un diamante en bruto para la energía,» 31 Enero 2022. [En línea]. Available: <https://yoreportero.com/la-bateria-de-niquel-hierro-un-diamante-en-bruto-para-la-energia/>. [Último acceso: 02 08 2022].
- [44] J. Reyes Álvarez, «Diversidad en el sector tecnológico de baterías. Una propuesta metodológica basada en la medición de entropía con patentes.,» *Scielo*, p. 25, 12 2016.

- [45] V. Quintero, O. Che y E. Ching, «Baterías de ion litio: características y aplicaciones,» *Revista de I+D tecnológico*, vol. 17, nº 1, p. 9, 08 Enero 2021.
- [46] C. GONZÁLEZ, *Análisis Técnico de los diferentes tipos de baterías comercialmente disponibles para su integración en el proyecto de una microrred aislada*, Bogotá, 2015.
- [47] Arturo, «Unit Electronics. Todo lo que debería saber sobre la batería de polímero de litio (LiPo).,» 2 Marzo 2020. [En línea]. Available: <https://uelectronics.com/todo-lo-que-deberia-saber-sobre-la-bateria-de-polimero-de-litio-lipo/>. [Último acceso: 02 08 2022].
- [48] X. Liang, R. Xiao y X. Liao, «Preparation of lithium iron phosphate composites by electrodeposition with a tunnel structure on aluminium foil surface.,» *Scielo*, vol. 59, pp. 251-258, 03 12 2019.
- [49] A. Carbonell, *Diseño y programación de un sistema de gestión de baterías (BMS) para baterías LiFePO4*, Valencia, 2020.
- [50] Made-in-China, «Celdas de litio fosfato de hierro de las baterías LiFePO4,» 10 Agosto 2019. [En línea]. Available: https://es.made-in-china.com/co_lifepo4battery/product_New-3-2V150ah-Lithium-Iron-Phosphate-Cell-LiFePO4-Batteries_rrngousng.html.
- [51] J. Fanga, Q. Xuab, Y. Xiaa y L. Fanga, «Investigación sobre el sistema de control de potencia rápido de supercondensador,» *Scielo*, pp. 710-717, 12 10 2021.
- [52] Á. Sauras, «Autofacil. El amanecer de los supercondensadores, ¿el final de las baterías de iones de litio?,» 29 MAYO 2022. [En línea]. Available: <https://www.autofacil.es/tecnologia/lamborghini-sian-supercondensadores/261040.html>.
- [53] V. Obando, «Dademuchconnection. Las partes claves de un Vehículo Eléctrico,» 29 Noviembre 2019. [En línea]. Available: <https://dademuch.com/2019/11/29/las-partes-claves-de-un-vehiculo-electrico/>. [Último acceso: 06 08 2022].
- [54] M. Sanz, «Fases de carga y descarga de las baterías LiFePO4,» 20 Julio 2021. [En línea]. Available: <https://nextcitylabs.com/global/es/fases-de-carga-y-descarga-de-las-baterias-lifepo4/>. [Último acceso: 10 08 2022].
- [55] C. González, «Tipos de cargadores para coches eléctricos y velocidad de carga,» 11 Agosto 2020. [En línea]. Available: <https://www.motor.es/noticias/tipos-cargadores-coches-electricos-202069908.html>. [Último acceso: 15 08 2022].

- [56] LugEnergy, «LugEnergy. Conector Mennekes Tipo 2 Coche Eléctrico,» 28 Noviembre 2012. [En línea]. Available: <https://www.lugenergy.com/mennekes-coche-electrico/>. [Último acceso: 17 08 2022].
- [57] Lovesharing, «Tipos de cargadores para coches eléctricos,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.lovesharing.com/tipos-de-cargadores-para-coches-electricos/>. [Último acceso: 17 08 2022].
- [58] M. Carbonell, «Hogarsense. Tipos de conectores para recarga del coche eléctrico,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.hogarsense.es/energia-solar/tipos-conectores-recarga-coche-electrico>. [Último acceso: 18 08 2022].
- [59] J. González, «El comercio. La primera electrolinera del Ecuador se inauguró en Guayaquil,» 08 Noviembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/primera-electrolinera-ecuador-inauguracion-guayaquil.html>. [Último acceso: 25 08 2022].
- [60] E-motec, «E-motec.net. Optimización de la aerodinámica de los vehículos eléctricos para aumentar la autonomía,» 2 Septiembre 2021. [En línea]. Available: <https://www.e-motec.net/optimizing-ev-aerodynamic#:~:text=Aerodynamics%20is%20the%20field%20of,%2C%20and%20with%20it%2C%20cost>. [Último acceso: 25 08 2022].
- [61] Automotive World, «Aerodynamics has direct impact on EV efficiency,» *Automotive World*, 13 Abril 2021.
- [62] Hyundai Canarias, «Hyundai. La eficiencia del vehículo eléctrico y cómo aumentarla.,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.hyundai.com/canarias/es/blog/eficiencia-vehiculo-electrico/#:~:text=La%20eficiencia%20del%20coche%20el%C3%A9ctrico,energ%C3%ADa%20que%20utiliza%20es%20menor..> [Último acceso: 27 08 2023].
- [63] J. Barrionuevo y C. Granda, Implementación de un Sistema Híbrido en un Cuadrón Convencional, Quito, 2011.
- [64] N. López, «Movilidadelectrica.com. La ‘verdadera’ relación entre el peso y la eficiencia en un coche eléctrico. Menos no es más, sino al contrario?,» 1 Mayo 2020. [En línea]. Available: <https://movilidadelectrica.com/la-verdadera-relacion-entre-el-peso-y-la-eficiencia-en-un-coche-electrico-menos-no-es-mas-sino-al-contrariox/>. [Último acceso: 28 08 2022].

- [65] E. Medrano y C. Pérez, Adaptación de un Buggy con motor de combustión interna a un sistema eléctrico, Ambato, 2017.
- [66] J. Costas, «Ciclo NEDC,» 23 Junio 2011. [En línea]. Available: <https://www.motorpasion.com/otros/ciclo-nedc-o-como-entender-los-consumos-homologados>. [Último acceso: 15 03 2023].
- [67] R. Estévez, «Ecointeligencia. El primer coche de la historia fue eléctrico,» 6 Septiembre 2011. [En línea]. Available: <https://www.ecointeligencia.com/2011/09/el-primer-coche-de-la-historia-fue-electrico/>. [Último acceso: 15 03 2023].

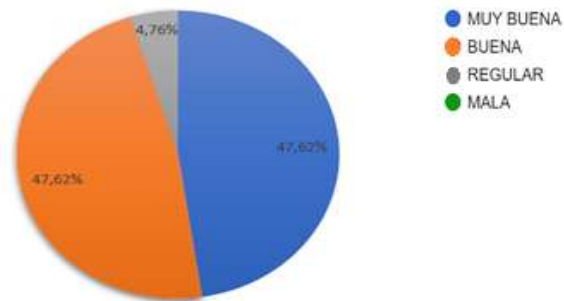
CAPÍTULO VII

ANEXOS

ANEXO 1. Tratamiento de los datos.

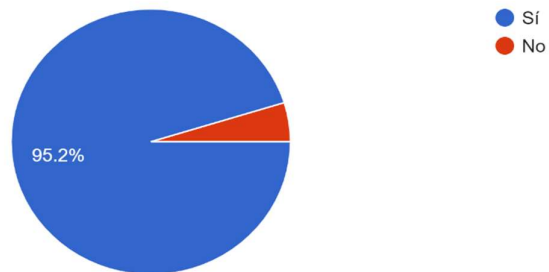
En la primera pregunta se observa respuestas positivas siendo el mayor porcentaje entre muy bueno con 47.62 %, bueno con 47.62 %. Con esto se identifica que existe un alto grado de interés por parte de las personas en adquirir esta tecnología el cual está en auge.

1. ¿Qué tal le parece la idea de obtener un vehículo eléctrico a través de una conversión?
21 respuestas



En el siguiente gráfico se puede observar que en su gran mayoría con un 95,2 % si les gustaría conducir un vehículo eco amigable. Es decir que las personas están interesadas en cuidar el medioambiente, con menos contaminación auditiva y sin emisión de gases tóxicos.

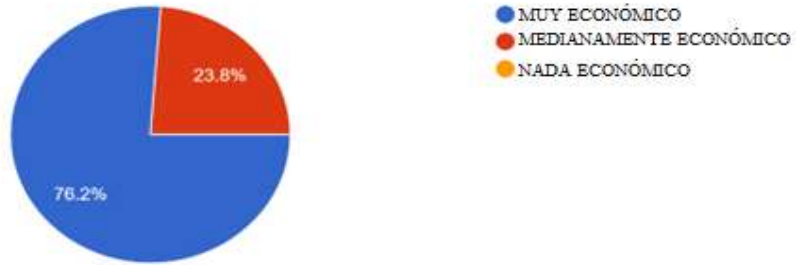
2. Le gustaría conducir un vehículo que no produzca emisiones contaminantes a la atmosfera y silencioso.
21 respuestas



En cuanto al costo de movilización eléctrica el 76,2 % consideró que es muy económico y el 23,8 % consideró medianamente económico usar esta tecnología. Se identificó que la mayoría entiende el gran ahorro que se obtiene al utilizar vehículos eléctricos en comparación del gasto en el combustible de los automóviles de combustión.

3. Considera que es económico movilizarte en tu vehículo eléctrico gastando alrededor de \$1.5 por cada 100 km.

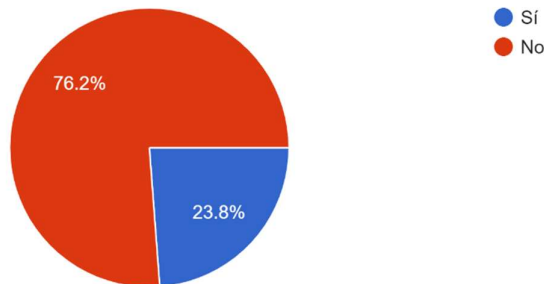
21 respuestas



Se puede observar que la gran parte de los encuestados es decir el 76,2 % desconocen de la inversión que se requiere para convertir un vehículo. Esto se debe a que en Ecuador existen muy pocos lugares certificados en que realicen la conversión y no hay mucha publicidad.

4. ¿Sabías que podías hacer tu conversión a eléctrico a partir de \$15.000 dependiendo el peso de tu vehículo?

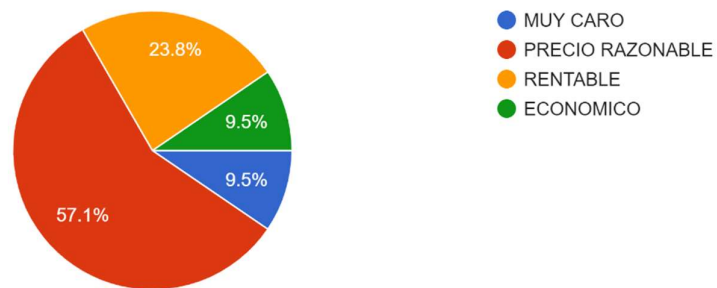
21 respuestas



Considerando la larga vida útil y el bajo mantenimiento de los componentes el 57,1 % consideró un precio razonable, el 23,8 % opina que es una inversión rentable, un 9,5 % aprecia que es económico, mientras que el otro 9,5 % estableció que es muy caro. En conclusión, la mayoría de las personas encuestadas tiene un alto grado de aceptación de la conversión de vehículos “dando una segunda vida útil a su automóvil”.

5. ¿Cómo considera el precio de conversión sabiendo que los equipos te pueden durar muchos años (alrededor de 10 años) con casi nada de mantenimiento?

21 respuestas



ELABORADO: AUTORES

ANEXO 2. Plan de mantenimiento.

Introducción.

En el presente Plan de mantenimiento Preventivo y Correctivo del vehículo tipo camioneta Datsun 1500 del año 1977 convertido a un vehículo 100 % eléctrico, tiene como objetivo establecer un control programado de mantenimientos preventivos y de mantenimientos correctivos en caso que sea necesario.

Objetivo.

Mantener en óptimas condiciones todo el sistema de propulsión eléctrica y los sistemas mecánicos del vehículo. Realizando periódicamente el mantenimiento preventivo y el mantenimiento correctivo cuando se necesita reemplazar algún elemento.

Procedimiento.

El usuario puede realizar un monitoreo periódico de los cables y de las celdas de batería por medio del software proporcionado, la verificación de los componentes del sistema de propulsión eléctrica será revisado por personal capacitado en el área, en cuanto a los sistemas mecánicos se debe realizar la revisión normal como un vehículo de combustión.

Mantenimiento preventivo.

Revisión del motor eléctrico:

Identificar si existen vibraciones, ruidos u olores que puedan producirse por sobrecalentamiento. En caso de las vibraciones o ruidos comprobar que estén bien las sujeciones del motor, en la parte interna revisar los rodamientos si necesitan lubricación y limpieza.

Verificación del banco de baterías:

Esto se realiza mediante el software de los balanceadores o ecualizadores, en donde se verifica que cada una de las celdas de la batería no tenga grandes variaciones de voltaje y de

resistencia interna, al mismo tiempo se detecta que el cableado interno de los balanceadores está bien conectado con las celdas.

Inspección del controlador:

Esto se realiza con el fin de verificar que cumpla con su trabajo de convertir de corriente continua a corriente alterna.

Revisión del convertidor DC-DC:

Se verifica que en la salida del convertidor esté entregando los 12 V, para los sistemas eléctricos complementarios del vehículo.

Revisión del cargador:

Se comprueba que el cargador no tenga variaciones de voltaje y que esté en correcto funcionamiento.

Equipos instalados.

Actividades	Tiempo de aplicación
Revisión de motor	6 meses
Verificación del banco de baterías	3 meses
Inspección del controlador	6 meses
Revisión del convertidor DC-DC	6 meses
Revisión del cargador	3 meses
Pedal de aceleración	3 meses
Cambio de aceite en la corona del diferencial	Cada 30000 km

ELABORADO: AUTORES

Equipos convencionales.

Actividades	Tiempo de aplicación
Cambio de filtro de polvo y polen	Cada 2 años o 30000 km
Cambio de líquido de frenos	Cada 3 años
Cambio de escobillas limpiaparabrisas	Cada año
Cambio de neumático	Cada 2 años o 30000 km
Cambio de zapatas o pastillas de freno	Cada 2 años o 30000 km
Cambio de amortiguadores	Cada 8 años o 120000 km (revisión cada 30000 km)
Cambio de aceite de la dirección mecánica	Cada 2 años

ELABORADO: AUTORES

ANEXO 3. Resultados de pruebas de rutas con el vehículo eléctrico.

En el Anexo 3 se presenta los datos registrados de los tres recorridos realizados con el vehículo convertido a eléctrico se obtuvo la siguiente información, voltaje de batería, corriente, potencia del motor eléctrico, velocidad y la distancia:

Datos obtenidos de la primera ruta.

Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (kW)	Capacidad energética (kWh)	Velocidad (km/h)	Distancia R Cem. (m)
146,72	22	3,228	18,3400	6	1
146,72	18,1	2,656	18,3400	12	5
146,7	16,2	2,377	18,3375	22	20
146,69	18,34	2,69	18,3363	23	60
146,65	16	2,346	18,3313	23	100
146,61	14,56	2,135	18,3263	25	200
146,59	15,5	2,272	18,3238	21	400
146,5	16,53	2,422	18,3125	26	500
146,49	19,4	2,842	18,3113	20	700
146,44	22	3,222	18,3050	22	900
146,32	22,6	3,307	18,2900	17	1200
146,21	26,9	3,933	18,2763	25	1300
146,1	26,4	3,857	18,2625	13	1500
146,08	2	0,292	18,2600	3	1670

ELABORADO: AUTORES

Datos obtenidos en la segunda ruta.

Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (kW)	Capacidad energética (kWh)	Velocidad (km/h)	Distancia R Mina (km)
146,02	23	3,36	18,2525	8	0,1
145,99	16	2,34	18,2488	12	0,9
145,9	21	3,06	18,2375	17	1,8
145,88	19,6	2,86	18,2350	19	2
145,7	22,6	3,29	18,2125	22	2,2
145,66	25,6	3,73	18,2075	29	2,4
145,55	26,3	3,83	18,1938	32	2,6
145,44	33,5	4,87	18,1800	35	2,7
145,3	27,04	3,93	18,1625	37	3
145,2	29,72	4,32	18,1500	42	3,2
145,06	12,3	1,78	18,1325	44	3,4
144,9	2,57	0,37	18,1125	40	3,6
144,66	3,47	0,5	18,0825	41	3,8
144,61	4,13	0,6	18,0763	46	4
144,48	2,79	0,4	18,0600	43	4,2
144,39	6,45	0,93	18,0488	49	4,5
144,29	7,45	1,07	18,0363	48	4,6
144,25	7,97	1,15	18,0313	50	5
144,16	9,46	1,36	18,0200	52	5,1
144,15	8,6	1,24	18,0188	54	5,2
143,83	12,39	1,78	17,9788	56	5,3
143,8	12,85	1,85	17,9750	55	5,4
143,52	13,34	1,91	17,9400	20	5,7
143,5	2	0,29	17,9375	6	5,81

ELABORADO: AUTORES

Datos obtenidos en la tercera ruta.

Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (kW)	Capacidad energética (kWh)	Velocidad (km/h)	Distancia R SanL. (km)
143,46	14,51	2,08	17,9325	59	0,1
143,33	6,99	1	17,9163	51	0,2
143,21	5,54	0,79	17,9013	56	0,9
143,04	18,63	2,66	17,8800	58	1
142,97	18,97	2,71	17,8713	43	1,2
142,84	20,83	2,98	17,8550	39	1,5
142,71	22,88	3,27	17,8388	35	1,8
142,59	14,14	2,02	17,8238	38	2
142,46	13,96	1,99	17,8075	39	2,1
142,3	4,81	0,68	17,7875	34	2,2
142,15	10,5	1,49	17,7688	31	2,3

141,98	15,26	2,17	17,7475	32	2,4
141,82	15,73	2,23	17,7275	30	2,5
141,66	22,4	3,17	17,7075	27	3
141,5	15,99	2,26	17,6875	28	3,5
141,34	16,05	2,27	17,6675	24	4
141,18	9,05	1,28	17,6475	26	4,5
141,02	11,5	1,62	17,6275	24	6
140,86	12,65	1,78	17,6075	26	6,5
140,7	13,68	1,92	17,5875	28	7
140,54	12,68	1,78	17,5675	28	7,5
140,38	16	2,25	17,5475	23	8
140,22	15,6	2,19	17,5275	25	9,5
140,06	10,6	1,48	17,5075	23	10
139,9	5,6	0,78	17,4875	21	10,5
139,74	2,6	0,36	17,4675	15	11
139,56	1,98	0,28	17,4450	14	12

ELABORADO: AUTORES

ANEXO 4. Resultados de pruebas de rutas con el vehículo de combustión.

De igual manera en el Anexo 4 se presentan los datos obtenidos de velocidad, rpm, marcha de transmisión, potencia del motor de combustión y la distancia de recorrido.

Datos obtenidos en la primera ruta.

Velocidad (km/h)	RPM x1000	Marcha	Potencia (kW)	Distancia (m)
10	1	1	30	5
20	1	2	30	10
30	1,5	2	45	20
30	1,5	2	45	30
30	1,5	2	45	40
30	1,5	2	45	60
25	1,5	2	45	80
40	2	2	60	100
40	2	2	60	120
40	2,5	2	75	140
50	2,5	2	75	160
45	2,5	2	75	180
30	2,5	2	75	200
40	2	2	60	400
40	2	2	60	450
30	2	2	60	500
40	2	2	60	600
20	2	2	60	700

20	2	2	60	800
20	2	2	60	900
20	2	2	60	1000
20	2	2	60	1200
10	1,5	2	45	1300
30	2	2	60	1400
40	2	2	60	1500
50	2	2	60	1500
40	2	2	60	1600
40	2	2	60	1650
10	2,5	2	75	1670

ELABORADO: AUTORES

Datos obtenidos en la segunda ruta.

Velocidad (km/h)	RPM x1000	Marcha	Potencia (kW)	Distancia (m)
10	1,5	1	45	100
20	2	2	60	200
30	2	2	60	300
30	2	2	60	400
30	2	2	60	500
30	2	2	60	1000
30	1,5	2	45	1300
20	2	2	60	1600
30	2	2	60	1900
40	2,5	2	75	2200
50	2,5	2	75	2500
50	2,5	2	75	2800
30	2,5	2	75	3100
40	2,5	2	75	3400
40	2,5	2	75	3500
40	2,5	2	75	4000
30	2,5	2	75	4200
30	2,5	2	75	4300
30	2,5	2	75	4400
30	2,5	2	75	4500
20	2	2	60	4600
20	2	2	60	4700
40	1,5	2	45	4800
40	2	2	60	4900
40	2	2	60	5400
50	2,5	2	75	5500
40	2	2	60	5600
40	2	2	60	5700
10	1,5	2	45	5810

ELABORADO: AUTORES

Datos obtenidos en la tercera ruta.

Velocidad (km/h)	RPM x1000	Marcha	Potencia (kW)	Distancia (km)
10	1,5	1	45	200
20	2	2	60	500
20	2	2	60	700
30	2	2	60	900
30	2	2	60	1000
30	2	2	60	1400
30	2	2	60	1800
30	2	2	60	2200
40	2	2	60	2600
50	2,5	2	75	3000
50	2,5	2	75	3400
50	2,5	2	75	3800
50	2,5	2	75	4200
40	2,5	2	75	4600
40	2,5	2	75	5000
40	2,5	2	75	5400
40	2,5	2	75	5800
40	2	2	60	6200
30	2	2	60	6600
30	2	2	60	7000
30	2	2	60	8000
30	2	2	60	8500
30	2,5	2	75	9000
30	2,5	2	75	10500
40	2,5	2	75	11000
40	2,5	2	75	11500
40	2	2	60	12000
30	2	2	60	12500
10	1,5	2	45	13000

ELABORADO: AUTORES