



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Dimensionamiento e implementación del sistema de tracción BEV del vehículo
eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW**

Beltrán Cisneros, Alex Rodrigo y Díaz Vera, Gabriel Alexander

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Trabajo de Integración Curricular, previo a la obtención del Título de Ingeniero
Automotriz

Ing. Quiroz Erazo, Leonidas Antonio Msc.

23 de febrero del 2023

Latacunga



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Carrera de Ingeniería Automotriz
Reporte de verificación de contenidos

CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

UIC Dimensionamiento e implementación del sistema de tracción - Beltran_Diaz (1)

9%
Similitudes

3%
Texto entre comillas
< 1% similitudes entre comillas

< 1%
Idioma no reconocido

Nombre del documento: UIC Dimensionamiento e implementación del sistema de tracción - Beltran_Diaz (1).docx
ID del documento: 2bdc936617eacb2dd03fe4a1afbfa72c59442e8
Tamaño del documento original: 14,12 Mo

Depositante: LEONIDAS ANTONIO QUIROZ ERAZO
Fecha de depósito: 23/2/2023
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 23/2/2023

Número de palabras: 18.537
Número de caracteres: 118.035

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	UIC Torque y Potencia - Arias, Tapia.docx UIC Torque y Potencia - Arias, Ta... #9517ee El documento proviene de mi biblioteca de referencias 25 Fuentes similares	6%		Palabras idénticas : 6% (960 palabras)
2	TESIS TACO W UNDA E.docx TESIS TACO W UNDA E #90064d El documento proviene de mi biblioteca de referencias 25 Fuentes similares	4%		Palabras idénticas : 4% (673 palabras)
3	repositorio.espe.edu.ec Implementación de un sistema de monitoreo y autoinflado... http://repositorio.espe.edu.ec:8080/bitstream/21000/29289/4/T-ESPEL-MAI-0735.pdf.txt 22 Fuentes similares	1%		Palabras idénticas : 1% (195 palabras)
4	repositorio.espe.edu.ec Modelación y simulación del proceso de implementación d... http://repositorio.espe.edu.ec:8080/bitstream/21000/24387/4/T-ESPEL-MAI-0705.pdf.txt 22 Fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (160 palabras)
5	TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR FONSECA CRISTIAN.pdf TRABAJO... #f2a9da El documento proviene de mi grupo 19 Fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (124 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Documento de otro usuario #948330 El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (14 palabras)
2	dSPACE.espech.edu.ec Implementación de la unidad de potencia en un prototipo s... http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/10134/3/65790296.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (30 palabras)
3	repositorio.espe.edu.ec Investigación del sistema de tracción de motocicleta con si... http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/33141	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (19 palabras)
4	idoc.pub Circuito Simple-protoboard-resistencia-2.pdf [lyygdxt1q5qlm] https://idoc.pub/document/circuito-simple-protoboard-resistencia-2.pdf.lyygdxt1q5qlm	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (12 palabras)
5	repositorio.espe.edu.ec Investigación del sistema de tracción BEV para vehículos d... http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/33223	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (11 palabras)

Ing. Quiroz Erazo Leonidas Antonio

C. C.: 050250999-5



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: **“Dimensionamiento e implementación del sistema de tracción BEV del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW”** fue realizado por los señores **Beltrán Cisneros, Alex Rodrigo y Díaz Vera, Gabriel Alexander**, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 23 de febrero del 2023

Ing. Quiroz Erazo Leonidas Antonio

C. C.: 050250999-5



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Responsabilidad de autoría

Nosotros, **Beltrán Cisneros, Alex Rodrigo y Díaz Vera, Gabriel Alexander**, con cédula de ciudadanía n° **1804432035** y **1726596776** declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **“Dimensionamiento e implementación del sistema de tracción BEV del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 23 de febrero del 2023

Beltrán Cisneros, Alex Rodrigo

C.C.: 1804432035

Díaz Vera, Gabriel Alexander

C.C.: 1726596776



Departamento de Ciencias de la Energía Y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Autorización de publicación

Nosotros, **Beltrán Cisneros, Alex Rodrigo** y **Díaz Vera, Gabriel Alexander**, con cédula de ciudadanía n° **1804432035** y **1726596776**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **“Dimensionamiento e implementación del sistema de tracción BEV del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 23 de febrero del 2023

Beltrán Cisneros, Alex Rodrigo

C.C.: 1804432035

Díaz Vera, Gabriel Alexander

C.C.: 1726596776

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo de integración curricular a mis padres Irma y Rodrigo quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más.

A mis hermanos John y José por su apoyo incondicional durante todo este proceso. Y a toda mi familia porque con consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Finalmente quiero dedicar este trabajo de integración curricular a todos mis compañeros, por apoyarme cuando más las necesito y extender su mano en momentos difíciles.

BELTRAN CISNEROS ALEX RODRIGO

Agradecimiento

A mis padres por todo su amor, apoyo, comprensión y, sobre todo, por la paciencia que me han tenido.

A mis hermanos por llenarme de alegría día tras día, por todos los consejos y apoyo brindados.

A mis amigos con todos los que compartí dentro y fuera de las aulas.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga y a los docentes del departamento de energía y mecánica los cuales me brindaron todos sus conocimientos durante mi proceso de formación profesional.

BELTRAN CISNEROS ALEX RODRIGO

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo de integración curricular a mi familia y a Dios, que durante toda la mi carrera universitaria han sido un puntal fundamental, a mi abuelita que ya no se encuentra terrenalmente, a mis padres Luis Díaz y Hilda Vera quienes son mi mayor orgullo y me han apoyado en todo momento siempre brindándome consejos para seguir adelante en esta aventura llamada vida

DÍAZ VERA GABRIEL ALEXANDER

Agradecimiento

Agradezco en primera instancia a Dios por brindarme sabiduría, por mantener a toda mi familia con salud y por darme la oportunidad de estudiar en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga la cual me brindó la oportunidad de desarrollarme más como persona y profesionalmente.

A mis padres quienes me supieron transmitir su cariño y fortaleza en todo momento para seguir adelante impartíendome consejos para continuar en mi vida universitaria.

A mis hermanos y hermana por su apoyo incondicional en el transcurso de mis estudios.

DÍAZ VERA GABRIEL ALEXANDER

ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula.....	1
Reporte de verificación de contenidos.....	2
Certificación	3
Responsabilidad de autoría	4
Autorización de publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento	7
Dedicatoria	8
Agradecimiento	9
Índice de contenido.....	10
Índice de figuras	16
Índice de tablas.....	20
Resumen.....	23
Abstract	24
Capítulo I: Introducción	25
Antecedentes.....	25
Planteamiento del problema.....	26
Descripción del proyecto.....	27
Justificación e importancia	29

Objetivos	29
<i>Objetivo General</i>	29
<i>Objetivos específicos</i>	29
Variables de investigación.....	30
<i>Variables Dependiente</i>	30
<i>Variables Independientes</i>	30
Hipótesis	30
Capitulo II: Marco Teórico	31
Máquina eléctrica.....	31
Vehículo Eléctrico	31
Vehículo Eléctrico BEV	32
Motor eléctrico	32
<i>Motor sin escobillas de imanes permanentes (DC)</i>	32
<i>Control de un motor brushless</i>	33
<i>Ventajas de un motor sin escobillas de imanes permanentes (DC)</i>	33
<i>Disponibilidad de motor eléctrico sin escobillas de imanes permanentes</i>	34
Acumulador de tensión.....	34
Tensión.....	35
<i>Capacidad de una batería</i>	35
<i>Estado de carga</i>	35
<i>Batería ion litio</i>	36
<i>Vida útil de una batería</i>	36
<i>Gestor del cargador de baterías (BMS)</i>	37

Controlador.....	38
Control de velocidad	38
Cargador de batería	39
Velocidad de carga	40
<i>Carga lenta</i>	40
<i>Carga semi - rápida</i>	40
<i>Carga rápida</i>	41
Sistema KERS	41
Convertidor DC/DC	41
Sistemas auxiliares de un vehículo eléctrico.....	42
Ley de Ohm.....	42
Conductores eléctricos	43
Fusibles.....	44
Coeficiente de resistencia a la rodadura	45
Peso.....	46
Cargas muertas y cargas vivas	47
Fuerza de empuje.....	47
Torque	48
Potencia	48
Potencia individual	49
Autonomía teórica	49
Batería	50

Capítulo III: Dimensionamiento del sistema de tracción y energía BEV del	
vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW	52
Factores de dimensionamiento.....	52
<i>Peso de la estructura</i>	<i>52</i>
Parámetros de dimensionamiento.....	53
<i>Velocidad</i>	<i>53</i>
<i>Fuerza de empuje</i>	<i>54</i>
<i>Torque.....</i>	<i>54</i>
<i>Potencia.....</i>	<i>55</i>
Elección de motor eléctrico.....	56
Selección de controlador del sistema de tracción	57
Elección de batería	59
Diseño de conexiones eléctricas-electrónicas	60
Diagrama de instalación eléctrica y electrónica	61
Implementación del sistema de tracción y energía BEV del vehículo eléctrico	
multipropósito L2 CMDR RICKSHAW	73
<i>Motor eléctrico.....</i>	<i>73</i>
<i>Baterías.....</i>	<i>74</i>
<i>Controlador del sistema de tracción.....</i>	<i>75</i>
<i>Convertidor DC/DC.....</i>	<i>76</i>
<i>Switch de encendido del prototipo</i>	<i>77</i>
<i>Conmutador de emergencia.....</i>	<i>78</i>
<i>Fusiblera.....</i>	<i>79</i>
<i>Mando del Acelerador (Mando 1).....</i>	<i>80</i>
<i>Botón de luces intermitentes</i>	<i>81</i>
<i>Sistema de iluminación del prototipo (mando 2).....</i>	<i>81</i>

<i>Switch accionador de tracción 3x3 (mando 3)</i>	82
<i>Panel de instrumentos</i>	83
<i>Conectores de carga para baterías</i>	84
<i>Indicadores de carga para baterías</i>	85
Capítulo IV: Análisis de resultados de las conexiones eléctricas del vehículo	
eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW	86
Tensión de las baterías	86
Interruptor de seguridad	87
Controlador	88
Interruptor con llave de accionamiento	97
Motor eléctrico	100
Convertidor DC/DC	106
Mando número 2	108
Luces de estacionamiento	111
Mando número 3	112
Prueba de carga de las baterías	114
Capítulo V: Marco administrativo	117
Recursos	117
<i>Recursos humanos</i>	117
<i>Recursos tecnológicos</i>	117
<i>Recursos materiales</i>	118
Capítulo VII: Conclusiones y Recomendaciones	119
Conclusiones	119

Recomendaciones	120
Bibliografía	122
Anexos	124

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Moto eléctrica</i>	31
Figura 2 <i>Cuadro básico de un vehículo eléctrico BEV</i>	32
Figura 3 <i>Estructura de un motor de DC con imanes permanentes y sin escobillas</i>	33
Figura 4 <i>Movimiento de electrones en una batería</i>	35
Figura 5 <i>Batería de ion de litio</i>	36
Figura 6 <i>Circuito eléctrico del BMS para baterías de litio</i>	37
Figura 7 <i>Acelerador del vehículo eléctrico</i>	38
Figura 8 <i>Circuito de rectificación de carga de un vehículo VEB</i>	40
Figura 9 <i>Principio de un convertidor DC/DC</i>	42
Figura 10 <i>Iluminación externa de vehículo eléctrico</i>	42
Figura 11 <i>Fusibles para automóvil</i>	45
Figura 12 <i>Motor eléctrico para prototipo multipropósito L2 CMDR RICKSHAW</i>	57
Figura 13 <i>Controlador del prototipo multipropósito L2 CMDR RICKSHAW</i>	58
Figura 14 <i>Batería de ion litio del vehículo multipropósito L2 CMDR RICKSHAW</i>	60
Figura 15 <i>Diagrama de la instalación eléctrica y electrónica del prototipo</i>	61
Figura 16 <i>Representación de las baterías, interruptor de seguridad, conectores de carga e indicadores de carga de las baterías del prototipo</i>	68
Figura 17 <i>Conexiones del controlador, motor y accesorios del prototipo</i>	69

Figura 18 <i>Conexiones eléctricas del mando 1</i>	70
Figura 19 <i>Conexión de las luces diurnas del prototipo</i>	71
Figura 20 <i>Sistema de alumbrado y accesorios del prototipo</i>	72
Figura 21 <i>Simulación de la instalación eléctrica - electrónica del prototipo</i>	73
Figura 22 <i>Implementación del sistema de tracción motor en el prototipo</i>	74
Figura 23 <i>Implementación de baterías de alta tensión</i>	75
Figura 24 <i>Implementación de controladores del sistema de tracción</i>	76
Figura 25 <i>Ubicación del convertidor DC/DC</i>	77
Figura 26 <i>Ubicación del switch de llaves de encendido</i>	78
Figura 27 <i>Ubicación del disyuntor</i>	79
Figura 28 <i>Fusiblera del vehículo eléctrico</i>	79
Figura 29 <i>Instalación del acelerador del prototipo</i>	80
Figura 30 <i>Disposición del botón de luces intermitentes</i>	81
Figura 31 <i>Disposición del mando de alumbrado y bocina</i>	82
Figura 32 <i>Instalación del switch accionador de la tracción 3X3</i>	83
Figura 33 <i>Panel de control LCD del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW</i>	84
Figura 34 <i>Ubicación de los conectores de carga</i>	84
Figura 35 <i>Ubicación de los indicadores de carga</i>	85

Figura 36 <i>Comprobación del estado de carga de las baterías</i>	86
Figura 37 <i>Diagrama de flujo para la comprobación del correcto funcionamiento del interruptor de seguridad</i>	87
Figura 38 <i>Diagrama de flujo de la comprobación de la tensión de alimentación del controlador</i>	89
Figura 39 <i>Diagrama de flujo de la comprobación de las salidas de tensión de 60V del controlador</i>	91
Figura 40 <i>Diagrama de flujo de la comprobación de las salidas de tensión de 5V del controlador</i>	93
Figura 41 <i>Diagrama de flujo de la obtención de la tensión máxima que recibe el motor</i>	95
Figura 42 <i>Representación de la tensión y velocidad máxima del prototipo</i>	97
Figura 43 <i>Diagrama de flujo del funcionamiento del interruptor accionado por llave</i>	98
Figura 44 <i>Diagrama de flujo para la comprobación del correcto funcionamiento del motor eléctrico</i>	100
Figura 45 <i>Señal de los sensores Hall sin acelerar</i>	102
Figura 46 <i>Señal de los sensores Hall en primera velocidad</i>	103
Figura 47 <i>Señal de los sensores Hall en segunda velocidad</i>	104
Figura 48 <i>Señal de los sensores Hall en tercera velocidad</i>	105
Figura 49 <i>Señal de los sensores Hall del acelerador</i>	106

Figura 50 <i>Diagrama de flujo del funcionamiento del convertidor DC/DC</i>	107
Figura 51 <i>Diagrama de flujo para la comprobación del correcto funcionamiento del mando número 2</i>	109
Figura 52 <i>Diagrama de flujo para la comprobación del correcto funcionamiento de las luces de estacionamiento</i>	111
Figura 53 <i>Diagrama de flujo para la comprobación del correcto funcionamiento del mando número 3</i>	113
Figura 54 <i>Diagrama de tiempo – carga de las baterías</i>	116

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Disponibilidad de motor eléctrico sin escobillas de imanes permanentes.....	34
Tabla 2 Dimensión de conductores American Wire Gauge (AWG)	43
Tabla 3 Valores típicos de coeficiente a la rodadura en diversos tipos desuelos.	46
Tabla 4 Peso de la estructura	52
Tabla 5 Peso total de la estructura	53
Tabla 6 Fuerza de empuje	54
Tabla 7 Torque necesario del tricar.....	55
Tabla 8 Potencia del prototipo	55
Tabla 9 Potencia de cada motor del prototipo	56
Tabla 10 Consideraciones para selección de motores eléctricos	56
Tabla 11 Características para selección de controlador	58
Tabla 12 Capacidad de la batería.....	59
Tabla 13 Especificaciones de baterías para motores eléctricos.....	59
Tabla 14 Abreviatura de los colores de cables utilizados en el circuito eléctrico y electrónico del prototipo.....	62
Tabla 15 Nomenclatura de cables del circuito eléctrico y electrónico del prototipo	63
Tabla 16 Consumo de sistema de iluminación y bocina	82
Tabla 17 Comprobación del funcionamiento del interruptor de seguridad	88

Tabla 18	<i>Comprobación de la tensión de alimentación de los controladores</i>	89
Tabla 19	<i>Resultados de la comprobación de las salidas de tensión del controlador..</i>	92
Tabla 20	<i>Comprobación del funcionamiento de las salidas de tensión de 5V del controlador.....</i>	94
Tabla 21	<i>Tensión máxima que recibe el motor.....</i>	96
Tabla 22	<i>Comprobación del funcionamiento del interruptor accionado por llave</i>	99
Tabla 23	<i>Comprobación del correcto funcionamiento del motor eléctrico</i>	101
Tabla 24	<i>Comprobación del correcto funcionamiento del convertidor DC/DC</i>	107
Tabla 25	<i>Comprobación del correcto funcionamiento del mando número 2</i>	110
Tabla 26	<i>Comprobación del correcto funcionamiento del botón de las luces de estacionamiento</i>	112
Tabla 27	<i>Comprobación del correcto funcionamiento del mando número 3</i>	114
Tabla 28	<i>Valores de carga de batería en función del tiempo.....</i>	115
Tabla 29	<i>Recursos humanos</i>	117
Tabla 30	<i>Descripción de recursos tecnológicos.</i>	118
Tabla 31	<i>Recursos materiales</i>	118

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 <i>Ley de Ohm</i>	43
Ecuación 2 <i>Potencia eléctrica</i>	45
Ecuación 3 <i>Peso de un cuerpo</i>	46
Ecuación 4 <i>Fuerza de empuje</i>	47
Ecuación 5 <i>Fuerza normal</i>	47
Ecuación 6 <i>Torque</i>	48
Ecuación 7 <i>Potencia</i>	48
Ecuación 8 <i>Potencia de cada motor</i>	49
Ecuación 9 <i>Autonomía</i>	49
Ecuación 10 <i>Cálculo del tiempo de operación de la batería</i>	50
Ecuación 11 <i>Cálculo de consumo de batería</i>	50
Ecuación 12 <i>Cálculo de la capacidad de la batería</i>	51

Resumen

El presente proyecto de integración curricular denominado desarrolló el dimensionamiento e implementación del sistema de tracción BEV del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW"; del sistema de tracción y energía del prototipo, de acuerdo a los parámetros de rendimiento de torque y potencia requeridos para alcanzar u optimo desempeño necesario de desplazamiento de acuerdo a la naturaleza de la superficie de recorrido y peso de las cargas vivas y muertas que transportará en el móvil, obteniendo así, la potencia nominal, determinando la potencia individual de cada rueda – motor del 3x3, por tanto, se determinó las especificaciones técnicas de los componentes que conforman el sistema de tracción del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW. La implementación del sistema de tracción en la estructura considera la geometría de los componentes que forman parte del sistema de tracción de tal manera que no afecte el desempeño y funcionamiento del prototipo, además se consideró la ubicación de los mandos que controlan la velocidad y accesorios, manteniendo la maniobrabilidad y asistencia del conductor. Se realiza una metodología de evaluación y comprobación de las instalaciones eléctricas analizando los datos y gráficas de tensión de las conexiones del sistema de tracción BEV del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW.

Palabras Clave: Dimensionamiento, L2 CMDR, Multipropósito, Vehículo eléctrico, RICKSHAW.

Abstract

This curricular integration project determined the sizing and implementation of the BEV traction system of the L2 CMDR RICKSHAW multipurpose electric vehicle"; of the traction and energy system of the prototype, according to the performance parameters of torque and power required to achieve the optimum performance necessary for displacement according to the nature of the travel surface and weight of the live and dead loads that will be transported in the mobile, thus obtaining the nominal power, determining the individual power of each wheel - 3x3 engine, therefore, the technical specifications of the components that make up the traction system of the L2 CMDR RICKSHAW multipurpose electric vehicle will be limited. The implementation of the traction system in the structure considers the geometry of the components that are part of the traction system in such a way that it does not affect the performance and operation of the prototype, in addition the location of the controls that control the speed and accessories will be seen. maintenance of maneuverability and driver assistance. A methodology for evaluation and verification of electrical installations is carried out by analyzing the data and voltage graphs of the connections of the BEV traction system of the L2 CMDR RICKSHAW multipurpose electric vehicle.

Key Words: Sizing, L2 CMDR, Multipurpose, Electric vehicle, RICKSHAW.

Capítulo I

Introducción

Antecedentes

Los vehículos eléctricos son una alternativa de movilidad, se diferencian de los móviles a motor de combustión en la disminución de contaminación ambiental, desde el punto de vista de emisiones y sonoro, es así, que en la región las importaciones, ha tenido un crecimiento en los últimos años; China es el principal exportador de motocicletas eléctricas, exportando: Brasil con 193,106, Chile y México con 178,606 y 94,718 respectivamente, para la región de México con 94,718, Colombia con 68,702 y Uruguay con 78,868.

En Ecuador presenta estímulos regulatorios para los vehículos categoría E; como exoneración de: aranceles a la importación, impuesto a los consumos especiales, IVA del 0% automotores de transporte y de carga, 0% de IVA en el servicio de carga y exoneración de la restricción vehicular no circula. (AEADE, 2019)

Los vehículos eléctricos BEV, PHEV, FCEV, ha desarrollado tecnología optimizando sus parámetros de funcionamiento en rutas urbanas y extraurbanas (autonomías y tiempos de carga); dotando de mejores prestaciones, tienen una eficiencia del 80%.

Los vehículos eléctricos BEV son propulsados por un motor eléctrico y con ausencia de cualquier tipo de combustible.

Se alimentan de la energía eléctrica acumulada en baterías, que son recargadas enchufando el vehículo a la red eléctrica o aprovechando la energía de la frenada. Se alimentan de la electricidad almacenada en las baterías, que se cargan cuando el vehículo está conectado a la red eléctrica o utilizando la energía de frenado. Los sistemas de frenado regenerativo les permiten aprovechar la energía de frenado y aumentar la eficiencia. Además, destaca su bajo consumo y cero emisiones de gases

contaminantes. Prácticamente no emiten ruido ni vibraciones y requieren menos mantenimiento durante su vida útil que los vehículos con motor térmico.

Planteamiento del problema

El crecimiento del parque automotor mundial y nacional de vehículos con sistemas de tracción por motores de combustión, crea una demanda combustible fósil, a esto sumado la inestabilidad del mercado del crudo del petróleo y la fluctuación del costo de los carburantes como la gasolina y el diésel; así como, los altos niveles de contaminación que generan y la congestión vehicular de las ciudades; creo la necesidad de buscar alternativas de energía para la movilidad de personas y carga que optimice los medios de transporte público y privado.

Los vehículos automotores que utilizan combustible líquido han creado condiciones de contaminación ambiental que afectan tanto a la naturaleza como al medio ambiente vehicular, provocando una alta congestión en las vías del centro de la ciudad y suburbanas, prolongando el tiempo de viaje, por lo que, el vehículo utilitario eléctrico L2 CMDR RICKSHAW fue capaz de modificar la relación entre la movilidad y el medio ambiente, para optimizar la demanda y el consumo de energía respetando la naturaleza, además demostró con una conducción silenciosa, intuitiva, y no contaminante de tal manera que facilito la circulación en zonas de difícil acceso vehicular, especialmente vehículos de salvamento, emergencias y seguridad ciudadana.

El motor de un vehículo eléctrico es uno de los elementos más importantes en su diseño y funcionamiento, ya que determina la existencia o no de otros componentes, como convertidores de frecuencia y convertidores de cambio. Los motores utilizados en los coches eléctricos pueden ser de corriente continua o de corriente alterna.

De tal manera que se expuso posibles opciones de motores, batería y el resto de componentes tanto eléctricos como electrónicos para el vehículo multipropósito L2 CMDR RICKSHAW que cumplan con los requerimientos para movilidad de personas y carga de hasta 300 kg.

Descripción del proyecto

El presente trabajo de integración curricular de la “Investigación de las características de desempeño del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW”, consideró lo siguiente:

Se realizó la fundamentación científica a través de fuentes Bibliográficas confiables mediante bases de datos digitales, normativas, manuales y artículos referentes a prototipos eléctricos y vehículos comerciales tipo BEV en el mercado nacional.

Se dimensionó el sistema de tracción eléctrica fundamentado a partir del sistema energía del prototipo de vehículo BEV sobre la propulsión eléctrica en lo concerniente a la combinación de motor de tracción eléctrico, electrónica de potencia, controles y seguridad eléctrica a razón de la normativa ISO: 6469-1 y 6469-3.

Se determinó la potencia nominal requerida mediante la ingeniería asistida por computador mediante factores y condicionantes a través de un proceso de simulación referenciada a la normativa técnica nacional de la NTE INEN 2656: 2016, por tanto, se consideró velocidad máxima y potencia máxima de acuerdo al peso calculado y real de la estructura del prototipo con todos los sistemas instalados y ensamblados.

Se seleccionó el sistema de control electrónico del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW como medio de gestión del sistema de tracción BEV según las necesidades de conducción, aplicación, relativos al tipo de vehículo a través de la codificación de sensores y actuadores.

Se implementó en el bastidor del vehículo 3x3 considerando en el sistema de propulsión eléctrica constituido por: medio de protección eléctrica, baterías, motor baterías, BMS Battery Management System relacionando el rango de tensión - intensidad de corriente como aspectos de demanda de energía en condiciones de temperatura de operación, sistema controlador para el gobierno correcto de funcionamiento de las baterías – motor eléctrico y sistema de aceleración; garantizando aspectos de desempeño “torque - potencia – consumo de energía”, de este modo, se proporcionó la tracción necesaria para una movilidad eficiente acorde al procedimiento fundamentado en la norma nacional técnica.

Se efectuó la implementación del sistema de gestión de energía a través de la definición de las características de la batería “capacidad A – h y tiempo de carga” de acuerdo a la demanda de energía de los motores eléctricos del prototipo, de tal manera que pudo alcanzar velocidades y autonomía promedio de vehículos comercializados de mayor demanda en el Ecuador.

Se implementó una conexión a la red eléctrica en un punto de recarga mediante un convertidor DC-DC, inversor y PMAC permanent magnet AC como el sistema de carga de baterías utilizando para líneas de alta y baja tensión de 120V a 240V con conectores para estación de carga lenta y rápida de corriente nominal de 5 A a 32 A, fase y neutro más toma de tierra, según lo indicado en la SAE J1772 IEC 62196-2 tipo 2 con dos tomas una para comprobar que está conectado y la segunda de comunicación con sistema de registro del SOC de carga cumpliendo la certificación UL/CUL.

Se investigó el consumo de energía en condiciones de operación del sistema de tracción eléctrico BEV por simulación y pruebas de autonomía de manera gráfica, analítica y estadística acorde a los ambientes de monitores de gestión de batería BMS considerando aspectos demanda, consumo y generación de energía del sistema de tracción del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW

Justificación e importancia

Un vehículo eléctrico de batería, conocido como BEV, es un vehículo totalmente eléctrico. En estos vehículos, la propulsión se realiza mediante motores eléctricos que utilizan energía eléctrica almacenada en sus sistemas de baterías internas, a menudo utilizando tecnología de tipo iones de litio.

El presente proyecto se enfocó en dimensionar el sistema de tracción adecuado para el vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW, mediante la investigación y análisis de las características que presentan los diferentes tipos de motores eléctricos y demás componentes que conforman el sistema de tracción presentes en el mercado, tomando en cuenta que el avance tecnológico en la industria automotriz ha impulsado un aumento significativo en el desarrollo de vehículos eléctricos lo que genero la necesidad de realizar investigaciones donde se identificó los mejores componentes para ser instalados en un vehículo eléctrico multipropósito que cuenta con diferentes condiciones de funcionamiento.

La importancia del proyecto radicó en determinar e implementar el sistema de tracción adecuado para el vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW tomando en cuenta las diferentes condiciones de funcionamiento en las que este vehículo puede ser aplicado.

Objetivos

Objetivo General

Dimensionar e implementar del sistema de tracción BEV del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW.

Objetivos específicos

- Dimensionar el sistema de tracción y energía del prototipo del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW.

- Realizar la implementación el sistema de tracción y energía del prototipo al vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW.

Variables de investigación

Variables Dependiente

- Implementación del sistema de tracción y energía del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW

Variables Independientes

- Dimensionamiento del sistema de tracción eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW

Hipótesis

La eficiencia y el rendimiento del sistema integrado de potencia y control del tren motriz del prototipo multipropósito L2 CMDR RICKSHAW logrará una eficiencia máxima del 95 % del par y el 90 % de la potencia.

Capítulo II: Marco Teórico

Máquina eléctrica

Se define a la maquina eléctrica según (Chapman, 2012) como “un dispositivo que puede convertir energía mecánica en energía eléctrica o energía eléctrica en energía mecánica”. (p. 1)

Vehículo Eléctrico

Un vehículo eléctrico es aquel que utiliza la energía eléctrica de uno o varios motores los mismos que la transforman en energía cinética para su propulsión.

Figura 1

Moto eléctrica



Nota. Motocicleta tipo vespa para un ocupante propulsado por un sistema de tracción eléctrica. Tomado de (Montecelos, 2019)

Los principales componentes de un vehículo eléctrico son: el motor, el puerto de carga, el transformador, la batería y el controlador. (Montecelos, 2019)

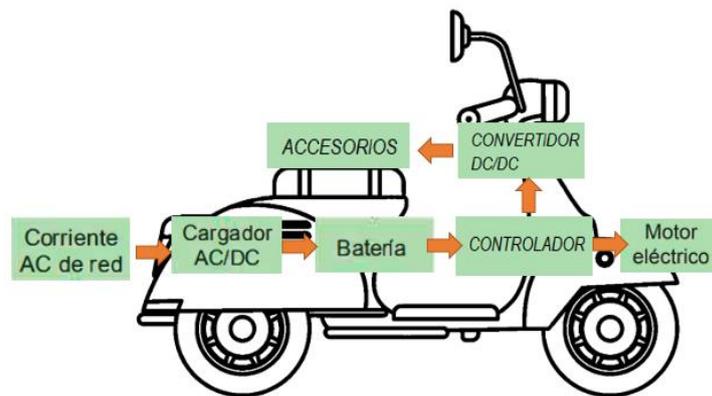
Las características que destacan a los vehículos eléctricos es que funcionan de excelente manera a bajas revoluciones, además que el mantenimiento es mínimo y no provoca ruido ni vibraciones. (Montecelos, 2019)

Vehículo Eléctrico BEV

Es un vehículo que posee la peculiaridad de ser 100% eléctrico y (Montecelos, 2019) menciona que “los motores eléctricos son alimentados por baterías que se alimentan principalmente de la red eléctrica” (p. 3).

Figura 2

Cuadro básico de un vehículo eléctrico BEV



Nota. Se representa los elementos fundamentales que forman parte de un vehículo eléctrico con baterías que utiliza un motor eléctrico de corriente alterna.

Motor eléctrico

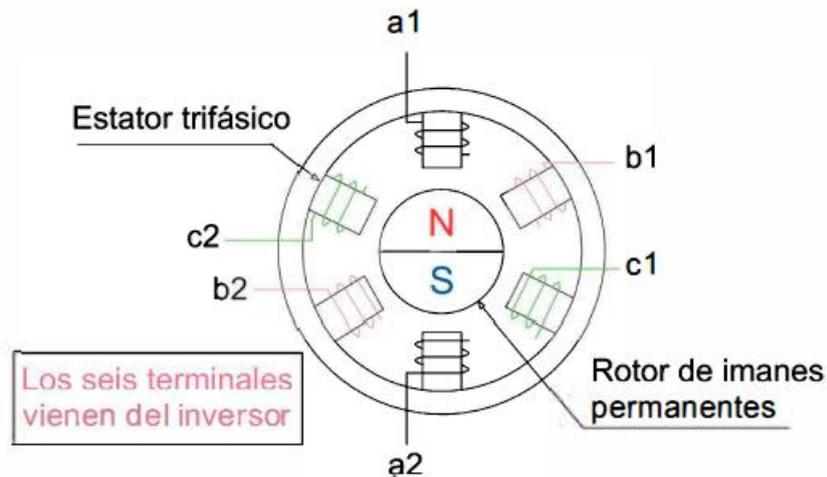
(Hoffmann, 2004) menciona que, “el motor eléctrico es una máquina destinada a transformar energía eléctrica en energía mecánica” (p. 5), por lo tanto, presenta varias ventajas como: un bajo costo, construcción simple, alto rendimiento y un bajo mantenimiento.

Motor sin escobillas de imanes permanentes (DC)

Denominados como brushless, (Montecelos, 2019) afirma que “estos motores poseen imanes permanentes situados en el rotor que funcionan mediante la alimentación secuencial de cada una de las fases del estator de forma sincronizada con el movimiento del rotor” (p. 24).

Figura 3

Estructura de un motor de DC con imanes permanentes y sin escobillas



Nota. Constitución interna de un motor DC de imanes permanentes sin escobillas de tres fases a1-a2, b1-b2, c1-c2. Tomado de (Montecelos, 2019)

Un motor brushless posee bobinas que se encuentran distribuidas en los alrededores del estator generalmente con un desfase de 120 grados. (Montecelos, 2019)

Control de un motor brushless

Para comandar de los motores sin escobillas es necesario utilizar sensores de efecto hall, los mismo muestran la posición del rotor para que el controlador sincronice correctamente la siguiente fase a conmutar. (Montecelos, 2019)

Ventajas de un motor sin escobillas de imanes permanentes (DC)

Las ventajas que presentan al no poseer escobillas es que no generan contaminación por partículas de polvo y se reduce el ruido notablemente por fricción, además de proveer miles de horas de operación sin mantenimiento. (Montecelos, 2019)

Disponibilidad de motor eléctrico sin escobillas de imanes permanentes

Los motores bushelos según (Montecelos, 2019) “son motores poco experimentados, que tienen un precio elevado y poca tendencia” (p. 25).

La disponibilidad de los motores eléctricos sin escobillas de imanes permanentes presentes en el mercado ecuatoriano, mediante una investigación descriptiva se logró obtener los siguientes datos:

Tabla 1

Disponibilidad de motor eléctrico sin escobillas de imanes permanentes.

Motor eléctrico sin escobillas de imanes permanentes		
Potencia (W)	Voltaje (V)	Tamaño de rueda (in)
1000	60	8-10
1500	60	8-12
2000	60 -72	8-10
3000	60 -72	10

Nota. Se detallan las características principales de los motores eléctricos sin escobillas de imanes permanentes que se pueden encontrar en el mercado ecuatoriano.

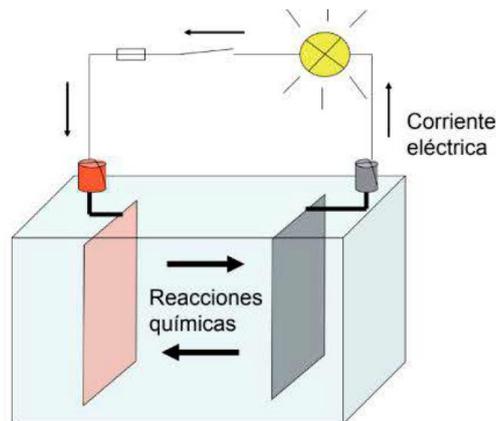
Acumulador de tensión

Las baterías son dispositivos que permiten el almacenamiento de energía eléctrica, (Montecelos, 2019) menciona “que la importancia de las baterías radica en la autonomía y el precio del coche dependen de su tipo y tamaño” (p. 42).

En una batería, los electrones salen del borne negativo y retornan por el positivo, por lo que las reacciones químicas se producen entre estos cuando se crea una corriente eléctrica.

Figura 4

Movimiento de electrones en una batería



Nota. Las reacciones químicas producidas dentro de una batería se originan cuando una corriente eléctrica circula por el exterior de la misma (Montecelos, 2019)

Tensión

Se denomina tensión de batería a (Marín & Doblado, 2017) “la diferencia de potencia eléctrica que tiene entre sus dos polos” (p. 66).

La tensión que se detalla en las características técnicas de la batería y la tensión que se mide a través de un voltímetro se las conoce como tensión nominal y tensión real respectivamente.

Capacidad de una batería

La capacidad de una batería se expresa en amperios-hora y muestra el valor de intensidad de corriente eléctrica que es capaz de proporcionar durante el tiempo que la suministra.

Estado de carga

Es un valor que se expresa en porcentaje, (Marín & Doblado, 2017) establece que “indica la proporción de carga que tiene la batería en ese momento en relación con la carga total” (p. 68).

Batería ion litio

Las baterías de iones de litio que contienen un electrolito líquido se usan más comúnmente en vehículos eléctricos. Un material entre el cátodo (electrodo negativo) y el ánodo (electrodo positivo) que permite la transferencia de electrones en una solución líquida. (Montecelos, 2019)

Figura 5

Batería de ion de litio



Nota. Aspecto exterior de una batería de ion litio de un vehículo eléctrico de tipo mochila.

Las baterías de ion litio poseen celdas que producen una tensión de 3,6 V el número de celdas dependerá del voltaje real que tenga la batería.

“Se recomienda, en las baterías de litio, cargar la batería dentro de estos dos tramos: entre el 20 % y el 80 % con un uso del 60 % y entre el 15 % y el 95 % con un margen del 80 %” (Montecelos, 2019).

Vida útil de una batería

La vida útil que presenta un batería depende de los fabricantes los mismos que establecen una media de ciclos de entre 2000 y 3000 ciclos de carga y descarga.

(Montecelos, 2019) menciona que “los fabricantes de vehículos eléctricos tienen que garantizar el reciclado de las baterías durante toda la vida de los vehículos, sea por siniestro o por envejecimiento al cabo de los años” (p. 64)

Las baterías de litio tienen una desventaja llamada fenómeno de envejecimiento, lo que significa que la capacidad de la batería después de la carga no es tan alta como cuando es nueva, esto puede deberse a la irregularidad de las placas internas de la batería.

Gestor del cargador de baterías (BMS)

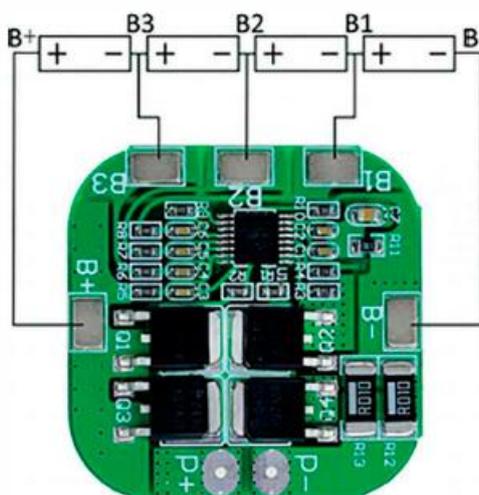
El BMS tiene la función de medir el voltaje que tiene cada celda de la batería de tal manera de mantener un equilibrio de tensión entre las celdas y cuando se encuentre completamente cargada apague la carga asegurando un correcto funcionamiento.

El funcionamiento del BMS en apagar la carga en varios escenarios, tales como: tensión alta o baja en una celda de la batería, temperatura de una celda inadecuada. Además, es capaz de establecer comunicación con el controlador para coordinar la velocidad del vehículo, el sistema KERS.

Si la carga no está balanceada, puede causar que algunas celdas reciban más energía de la que pueden manejar y otras carguen menos de lo que pueden. Esto puede provocar la destrucción o incluso la explosión de la batería de litio.

Figura 6

Circuito eléctrico del BMS para baterías de litio.



Nota. Se muestra la conexión en serie de las celdas de la batería al BMS. Tomado de (Montecelos, 2019)

Controlador

Es el responsable del control completo del movimiento del vehículo recibiendo información del sensor de posición del acelerador, sensores de efecto hall del rotor, cambio de marchas e interruptor de marcha atrás entre otros.

Control de velocidad

Para el control de velocidad del motor brushless se lo realiza mediante el giro del mando de acelerador que posee en su interior un sensor hall que al girarlo envía al controlador una tensión de señal entre 0,8 V y 4,2 V.

Figura 7

Acelerador del vehículo eléctrico



Nota: Se denota el mando que controla la velocidad del motor sin escobillas de imanes permanentes.

Conforme aumenta el giro del mando de 0% a 100% la tensión de señal enviada al controlador también aumenta.

Cargador de batería

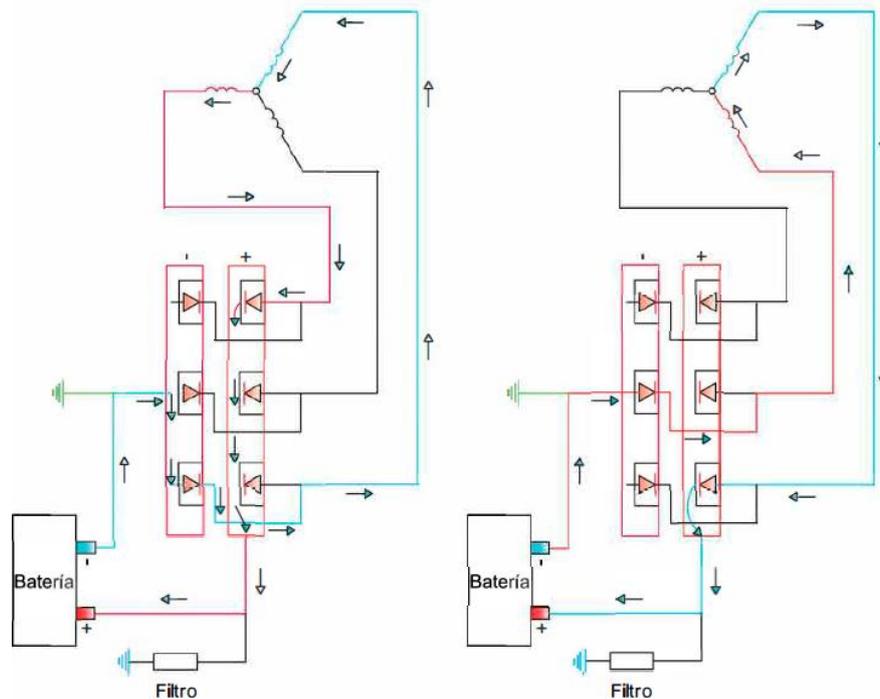
El funcionamiento de los cargadores se centra en la rectificación de onda mediante componentes electrónicos como diodos, transistores etc., y se utiliza un transformador cuando la tensión de red es más alta que el voltaje de batería.

Los cargadores de batería incorporan indicadores LED de color rojo y verde muestran información del proceso de carga:

1. Al iniciar la carga el LED verde se enciende, informando que todo está en perfecto estado para realizar la carga de la batería.
2. Durante el tiempo en que se está llevando a cabo la carga de la batería debe encender el LED rojo.
3. Al culminar la carga debe permanecer el LED verde encendido, hasta desconectar el cargador del toma corriente.
4. En el caso de que exista problemas, el LED se encenderá alternadamente en ambos colores.

Figura 8

Circuito de rectificación de carga de un vehículo VEB



Nota. Se tiene el esquema eléctrico de rectificación trifásica para cargar la batería de un vehículo eléctrico. Tomado de (Montecelos, 2019)

Velocidad de carga

Carga lenta

El proceso de carga lenta se lleva a cabo al conectar el vehículo a un enchufe domestico el cual proporciona una corriente alterna monofásica a tensión de 230 V, corriente de 16 A y con 3,7 kW de potencia. La duración de carga varía entre 6 horas y 8 horas en función de la capacidad de la batería. (Aznar, 2017)

Carga semi - rápida

Si se utiliza una corriente alterna trifásica de 400 V con una corriente de 16 A, siendo capaz de producir 11kW de potencia, el tiempo de carga promedio es de cuatro a cinco horas. (Aznar, 2017)

Carga rápida

La carga rápida se la puede realizar a través de corriente continua o corriente alterna, en ambos casos la demanda de tensión y corriente varía entre 600 V - 400A y 500V -200A respectivamente, mediante corriente continua es capaz de producir una potencia de 240 kW con el que se estima la carga una batería al 80% en un tiempo de 5 a 30 minutos. (Aznar, 2017)

En corriente alterna la carga rápida llega a producir una potencia de 220 kW y el tiempo de carga al 80% de una batería se reduce a 10 minutos. (Aznar, 2017)

Sistema KERS

El sistema de recuperación de energía, llamado frenado regenerativo, funciona almacenando parte de la energía cinética del vehículo BEV para que pueda reutilizarse alimentando otros sistemas o aumentando la autonomía del mismo.

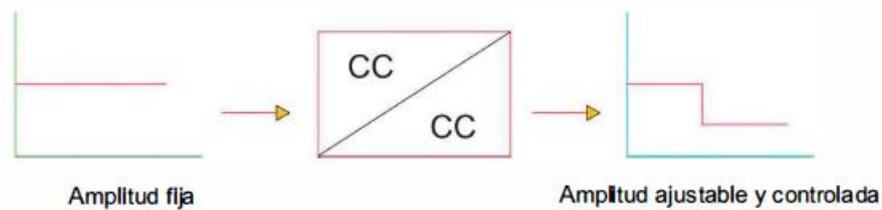
El sistema KERS empieza actuar cuando se deja de acelerar y el controlador deja alimentar el estator desapareciendo así el campo magnético que mueve el motor y este empieza a funcionar como un generador.

Convertidor DC/DC

Este convertidor que también se conoce como chopper, convierte la corriente continua de amplitud fija en otra ajustable y sobre todo controlada. Se usa principalmente para transformar el alto voltaje que proporcionan las baterías en un voltaje adecuado para el accionamiento de los accesorios, dicho voltaje es comúnmente de 12V. (Montecelos, 2019)

Figura 9

Principio de un convertidor DC/DC



Nota. Se visualiza el grafico de tensión fija y la forma en que esta tensión se ajusta en función del convertidor CC/CC. Tomado de (Montecelos, 2019)

Sistemas auxiliares de un vehículo eléctrico

Un vehículo BEV cuenta con sistemas auxiliares estos varían en función del fabricante, pero por lo general son: espejos retrovisores, iluminación interna y externa, panel de instrumentos, limitador de velocidad, elevallas, entre otros.

Figura 10

Iluminación externa de vehículo eléctrico



Nota: Se aprecia el sistema de iluminación externa con luces de carretera que forma parte de los sistemas auxiliares del vehículo eléctrico.

Ley de Ohm

(Floyd, 2007) “la ley de Ohm establece que la corriente es directamente proporcional al voltaje e inversamente proporcional a la resistencia” (p. 74).

Ecuación 1

Ley de Ohm

$$I = \frac{V}{R}$$

Donde:

I = Intensidad de corriente [A].

V = Tensión [V].

R = Resistencia [Ω].

Conductores eléctricos

El conductor soporta el flujo de electrones por medio de materiales como el cobre o aluminio, que permiten un fácil desplazamiento de los mismos.

(Floyd, 2007) menciona que “son la forma más común de material conductor utilizado. Estos alambres varían en diámetro y son ordenados con arreglo a números de calibre estándar, llamados tamaños AWG (de American Wire Gauge)” (p. 45).

Tabla 2

Dimensión de conductores American Wire Gauge (AWG)

AWG #	ÁREA mm² (MC)	RESISTENCIA
9	6.63(1309.4)	0.7921
10	5.26(1038.1)	0.9989
11	4.17(8243.0)	1.260
12	3.31(6529.0)	1.588
13	2.62(5178.4)	2.003
14	2.08(4106.8)	2.525
15	1.65(3256.7)	3.184
16	1.31(2582.9)	4.016

AWG #	ÁREA mm² (MC)	RESISTENCIA
17	1.04(2048.2)	5.064
18	0.823(1624.3)	6.385
19	0.653(1288.1)	8.051

Nota. Calibre o denominación de conductores eléctricos AWG y el área que del conductor eléctrico. Tomado de (Floyd, 2007)

Según (Floyd, 2007) “una unidad de área de sección transversal utilizada para estos alambres es el mil circular, abreviado MC. Un mil circular es el área de un alambre con diámetro de 0.001 pulg (1 mil)” (p. 45).

Fusibles

Para resguardar al sistema eléctrico del vehículo BEV se implementan una serie de fusibles tal que puedan ser protegido de cortocircuito o sobrecargas. Cuando deja de funcionar un componente o de realizar alguna función puede deberse a que un fusible se haya sobrecargado.

Si un fusible se sobrecarga varias veces indica que algún componente que forma parte del circuito tiene se encuentra en mal estado.

(Viloria, 2005) menciona que, el dimensionamiento del fusible será adecuado a la corriente a proteger; dentro de esta particularidad es importante tener en cuenta si conviene a su vez que el fusible sea de efecto rápido, medio o lento en la respuesta a una intensidad anormal. (p. 24)

Figura 11

Fusibles para automóvil



Nota. Se tiene una vista exterior de varios tipos de fusibles utilizados en vehículos.

Tomado de (Viloria, 2005)

(Floyd, 2007) menciona que “una expresión equivalente para potencia se obtiene, en función de voltaje y corriente” (p. 100), por lo tanto, la corriente es representada por:

Ecuación 2

Potencia eléctrica

$$I = \frac{P}{V}$$

Donde:

I = Intensidad [A].

P = Potencia [W].

V = Voltaje [V].

Coefficiente de resistencia a la rodadura

Es una fuerza que se presenta contraria al giro del neumático, cuanto mayor es el coeficiente de resistencia de rodadura crece la demanda energética del motor eléctrico.

Tabla 3

Valores típicos de coeficiente a la rodadura en diversos tipos de suelos.

Estado del suelo	Coefficiente de resistencia a la rodadura (C_{rr})
Carretera en buen estado	0,02 a 0,04
Camino de tierra afinado	0,03 a 0,05
Camino de tierra	0,004 a 0,06
Suelo baldío	0,06 a 0,10
Rastrojo seco	0,08 a 0,10
Tierra labrada	0,10 a 0,20
Arena y suelo muy suelto	0,15 a 0,30

Nota. Se exponen valores típicos de coeficientes de resistencia a la rodadura en varias condiciones del suelo. Tomado de (MÁRQUES, 2008)

Las condiciones en las que se presente el suelo es un factor importante a considerar, ya que por medio de esta se establecerá la fuerza necesaria para mover el prototipo del reposo.

Peso

El peso es la fuerza con la que el planeta Tierra atrae los cuerpos a través de la gravedad la que toma por valor en el ecuador de $9,78 \text{ m/s}^2$.

Ecuación 3

Peso de un cuerpo

$$P_c = m * g$$

Donde:

P_c = Peso de un cuerpo [Kgf].

m = Masa del prototipo [kg].

g = Aceleración de la gravedad $\left[\frac{m}{s^2}\right]$.

Cargas muertas y cargas vivas

Las cargas muertas indican el peso total de la estructura del vehículo considerando accesorios y componentes no estructurales, las cargas vivas hace referencia al peso por ocupante.

Fuerza de empuje

(Viloria, 2005)) menciona que “es necesario saber cuánto torque se requiere y así seleccionar un motor que tenga la capacidad necesaria” (p. 36).

Ecuación 4

Fuerza de empuje

$$F = C_{rr} * N_f$$

Donde:

F = Fuerza de empuje [N].

C_{rr} = Coeficiente de resistencia a la rodadura

N_f = Fuerza normal [N].

Para ello la fuerza normal es:

Ecuación 5

Fuerza normal

La fuerza normal que ejerce la superficie sobre un objeto es igual al peso del mismo, cabe recalcar que la superficie debe ser perpendicular al peso.

$$N_f = m * g$$

Donde:

m = Masa del prototipo [kg].

g = Aceleración de la gravedad $\left[\frac{m}{s^2}\right]$.

Torque

Según (VILLAMIZAR & RODRÍGUEZ, 2010) “El par es la medida de la fuerza que tiene a producir rotación, se mide en Libras-pie o Newton-metro” (p. 69).

Para determinar el toque necesario para que se empiece a mover el prototipo se tiene la siguiente ecuación.

Ecuación 6

Torque

El torque o momento de fuerza es la magnitud resultante de la multiplicación de una fuerza por la distancia a la que se aplica esta respecto al eje de giro.

$$T_n = R * F$$

Donde:

T_n = Torque necesario $[Nm]$.

R = Radio de la llanta $[m]$.

F = Fuerza de empuje $[N]$.

Potencia

Según (VILLAMIZAR & RODRÍGUEZ, 2010) “La potencia mecánica de los motores se expresa en caballos de fuera (HP) o kilowatts” (p. 69).

Para la obtención de potencia (Montecelos, 2019)manifiesta que “el valor de potencia requerida para llegar a la velocidad máxima deseada se obtiene:” (p. 37).

Ecuación 7

Potencia

$$P = F * V_{max}$$

Donde:

P = Potencia requerida [W].

F = Fuerza de empuje [N].

V_{max} = Velocidad máxima $\left[\frac{m}{s}\right]$.

Potencia individual

La potencia nominal que posee un vehículo eléctrico, se considera como la potencia total del sistema. Para el cálculo de la potencia de cada motor se utiliza la siguiente expresión:

Ecuación 8

Potencia de cada motor

$$P_i = P/n$$

Donde:

P_i = Potencia para cada motor [W].

P = Potencia requerida [W].

n = Número de motores.

En un vehículo eléctrico, el número de motores que se utilizan permite obtener la potencia de los mismos.

Autonomía teórica

Para el cálculo de la autonomía teórica (Montecelos, 2019) menciona que “la duración de un batería se puede calcular con la siguiente expresión” (p. 51).

Ecuación 9

Autonomía

$$t = \frac{Q}{I_o}$$

Donde:

t = tiempo de operación [h].

Q = carga de la batería [Ah].

I_o = Corriente de operación [A].

Para obtener la autonomía en km se puede considerar la fórmula de movimiento rectilíneo uniforme.

Batería

Para el cálculo para selección de batería se estima un movimiento rectilíneo uniforme y el consumo de amperes del motor eléctrico.

Ecuación 10

Cálculo del tiempo de operación de la batería

$$t = \frac{d}{V}$$

Donde:

d = autonomía del prototipo [km].

V = velocidad $\left[\frac{km}{h} \right]$.

t = tiempo de operación [h].

El consumo de batería se lo expresa de la siguiente manera:

Ecuación 11

Cálculo de consumo de batería

$$\text{Consumo} = \frac{P_m}{V_m}$$

Donde:

Consumo de batería: [A]

P_m = Potencia del motor [W].

V_m = Voltaje del motor [V].

Con esto se tiene que la batería necesaria es igual a:

Ecuación 12

Cálculo de la capacidad de la batería

$$\text{Capacidad}_{\text{bateria}} = \text{Consumo} * t$$

Donde:

*Capacidad*_{bateria}: [Ah]

Consumo de batería: [A]

t = tiempo de operación [h].

Capítulo III

Dimensionamiento del sistema de tracción y energía BEV del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW

Para el dimensionamiento del sistema de tracción del prototipo de vehículo BEV se consideró factores y parámetros que este debe cumplir, a fin de realizar una selección de cada componente que forma parte del sistema de tracción en función de las necesidades en las que se va a emplear el prototipo.

Factores de dimensionamiento

Se establecieron con el fin de definir datos de gran relevancia y fundamentales para llevar a cabo la selección del motor de tracción eléctrico, sistema de controlador y electrónica de potencia además de contar con requerimientos tales como: la capacidad de movilizar a dos personas de peso promedio según lo estipula la norma NTE INEN 1 323:2009.

Peso de la estructura

Para el peso de la estructura se tuvo en cuenta el valor de la masa obtenida en la simulación de la estructura de 17734,09 g que se lo multiplicará por el valor de la gravedad (9.78 m/s^2).

Tabla 4

Peso de la estructura

Peso de la estructura [Kgf]		
	<i>m</i> [Kg]	<i>g</i> [m/s^2]
Ecuación 3	1773,409	9,78
$P_c = m * g$	173,44 Kgf	

Nota. Se determina el valor del peso de la estructura considerando la aceleración de la gravedad en el ecuador de 9.78 m/s^2 .

Para el peso total de la estructura se consideró en primera instancia el peso de la estructura, el peso del sistema de tracción eléctrico, sistema de controlador, accesorios adicionales que se presentaron en el prototipo con el fin de cumplir con los parámetros de dimensionamiento.

Tabla 5

Peso total de la estructura

	Descripción	Peso (Kg)	Cantidad	Peso total (Kg)
Cargas muertas	Estructura	173,44	1	173,44
	Motor	12,8	3	38,4
	Batería	6,7	3	20,1
	Controlador, accesorios	5	3	15
	Carenado	4	1	4
	Equipaje	20	1	20
Cargas vivas	Persona promedio	70	2	140
Total				410,94

- El peso promedio para una persona se lo obtuvo de la normativa NTE INEN 1323.

Nota. Se detallan los valores del peso de las cargas vivas y muertas del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW.

Parámetros de dimensionamiento

Velocidad

La velocidad es un parámetro importante ya que por medio de esta se logró definir la potencia requerida para el sistema de tracción eléctrico, para este prototipo se estimó una velocidad de 60 *km/h*.

Fuerza de empuje

Para poner en movimiento el prototipo y determinar la fuerza de empuje se definió un coeficiente de resistencia a la rodadura (C_{rr}) un valor de 0,07 para una naturaleza de suelo que se encuentra entre tipo baldío y rastrojo seco.

Tabla 6

Fuerza de empuje

Fuerza de empuje [N]			
Ecuación 5	C_{rr}	$N_f = m * g$	
		$m [kg]$	$g [m/s^2]$
$F = C_{rr} * N_f$	0,07	410,94	9.78
		281,33 N	

Nota. Se realizó el cálculo de fuerza de empuje que necesitara el prototipo en un terreno de tipo baldío y rastrojo seco.

Torque

El torque que se necesitó para mover el prototipo del reposo depende del radio el motor y la fuerza de empuje. Para determinar el radio de llanta se valoró la disponibilidad de motores eléctricos sin escobillas de imanes permanentes en nuestro país.

Mediante un análisis de la mismo se determinó que lo más factible es utilizar un rin 8 (0,1016 m), ya que se presentan en la mayoría de motores eléctricos que se pueden encontrar en el país, indiferentemente de la potencia y el voltaje que presenten.

El torque necesario para mover el prototipo considerando una fuerza de empuje de 281,33 N y un radio de a de 0,1016 m.

Tabla 7*Torque necesario del tricar*

Torque necesario [Nm]		
	<i>R [m]</i>	<i>F [N]</i>
Ecuación 6	0,1016	281,33
$T_n = R * F$	28,58 Nm	

Nota. El torque necesario del vehículo eléctrico para que se desenvuelva en un terreno tipo baldío y rastrojo seco.

Potencia

Para lograr hallar la potencia necesaria para el prototipo se estipuló que la velocidad a alcanzar será de 60 km/h (16,667 m/s).

Tabla 8*Potencia del prototipo*

Potencia [W]		
	<i>F [N]</i>	<i>V_{max} [m/s²]</i>
Ecuación 7	281,33	16,67
$P = F * V_{max}$	4688,83 W	

Nota. Se determinó la potencia que demanda el prototipo para desenvolverse en varios tipos de suelo.

Se debe tener en cuenta que este valor corresponde a la potencia nominal del sistema de tracción eléctrico del prototipo, y debe ser distribuido por igual para cada uno de los motores del vehículo eléctrico.

Tabla 9*Potencia de cada motor del prototipo*

Potencia para cada motor [W]		
	<i>P</i> [W]	<i>n</i>
Ecuación 8	4688,83 W	3
$P_i = P/n$	1600 W	

Nota. Se determinó la potencia que demanda cada uno de los motores del vehículo eléctrico.

Al contar con tres motores, se obtuvo que la potencia para cada uno de ellos es de 1600 W. Este valor se tomó como referencia para la elección del motor que se implementó en el tricar.

Elección de motor eléctrico

Considerando el valor de la potencia de cada motor el prototipo se seleccionó el que cumpla con la condición de potencia de 1,6 KW en función de la disponibilidad de motores eléctricos sin escobillas de imanes permanentes en el país.

Tabla 10*Consideraciones para selección de motores eléctricos*

Motor	Potencia	Tamaño de rueda	Peso	Velocidad máxima
	(W)	(in)	(Kg)	(km/h)
Motor eléctrico 1	1500	8-12	11,65	45
Motor eléctrico 2	2000	8-10	12,8	60
Motor eléctrico 3	3000	10	14,63	80

Nota. Con un motor de 2000W cumplimos con los parámetros de potencia y velocidad determinados con anterioridad.

Considerando los parámetros técnicos como potencia, velocidad máxima y tamaño de la rueda se procedió a la selección del motor eléctrico.

Figura 12

Motor eléctrico para prototipo multipropósito L2 CMDR RICKSHAW



Nota. Se observa la constitución exterior del motor eléctrico de 2000W de potencia con su cableado de conexión saliente del eje del motor.

Para la implementación se optó por el motor eléctrico que presentó una potencia de 2000W, debido a que este sistema de tracción cumplió con los valores de dimensionamiento, además que, geoméricamente es adaptable a la estructura, de tal manera que la tracción del prototipo sea directa y logre cumplir con los requerimientos establecidos anteriormente tanto en velocidad y potencia necesaria para mover el prototipo en suelo baldío.

Selección de controlador del sistema de tracción

Consecuentemente, el controlador es un componente que va al a par del motor eléctrico ya que de este depende que el motor eléctrico se desempeñe de buena manera.

Tabla 11*Características para selección de controlador*

Factor de selección	Potencia (W)	Corriente (A)	Tensión (V)
Controlador 1	500 - 1600	25	48
Controlador 2	900 - 1200	30	36 - 60
Controlador 3	1500 - 2000	25 - 32	60 - 72

Nota. Se detalla las especificaciones técnicas de las varias opciones de controladores para motores eléctricos de tal manera de seleccionar el idóneo para un funcionamiento del sistema de tracción del prototipo multipropósito L2 CMDR RICKSHAW.

Los valores de corriente y voltaje de operación del controlador fueron esenciales para la selección del controlador ya que de estos dependen que el motor eléctrico tenga un correcto funcionamiento. Se seleccionó el controlador 3, el que obedece a características de rango de voltaje entre 60 a 72 voltios y de corriente de 25 amperes a 32 amperes, cumpliendo con una correcta demanda de corriente.

Figura 13*Controlador del prototipo multipropósito L2 CMDR RICKSHAW*

Nota. En la figura 10 se presenta el controlador del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW que funciona con una elevada tensión y cuenta con conectores que le permiten manejar diferentes funciones.

Elección de batería

Un componente fundamental de la electrónica de potencia es la batería, para ello se requirió establecer la capacidad de la misma considerando que al recorrer una distancia de 25 km a una velocidad de 60 km/h se demora 0,42 horas.

Se realizó el cálculo de consumo de 33,33 de amperes por parte del motor eléctrico, teniendo en cuenta que la potencia del mismo es de 2 KW y el voltaje de funcionamiento es de 60V.

Tabla 12

Capacidad de la batería

Capacidad de la batería [Ah]		
Ecuación 12	Consumo [A]	t[h]
$Capacidad_{batería} = Consumo * t$	33,33	0,42
13,99 Ah		

Nota. Se estableció la capacidad que debe poseer la batería para un recorrido del prototipo de 25 km y un consumo del motor eléctrico de 33,33 A.

Teniendo el valor de la capacidad de la batería se seleccionó las baterías que cumplan con estos requerimientos.

Tabla 13

Especificaciones de baterías para motores eléctricos

Factor de selección	Composición	Tensión (V)	Corriente(A)	Capacidad de la batería (Ah)	Peso (Kg)
Batería 1	Ion litio	60	25	13	20,1
Batería 2	Acido plomo	60	18	12	24,5

Nota. En la tabla se muestran dos opciones de baterías con especificaciones necesarias para un correcto funcionamiento del sistema de tracción.

Según las especificaciones de baterías para motores eléctricos, tales como: Voltaje y capacidad de batería, se consideró apropiado para que exista un adecuado funcionamiento de los motores de tracción eléctrico, controlador del sistema de tracción y en general de toda la electrónica del vehículo multipropósito L2 CMDR RICKSHAW se optó por la batería 1, ya que cumple con todos los requerimientos que necesitan los componentes eléctricos y electrónicos del sistema de tracción teniendo en cuenta el peso de la misma mejorando la eficiencia de todo el sistema de tracción.

Figura 14

Batería de ion litio del vehículo multipropósito L2 CMDR RICKSHAW



Nota. En la figura se representa una de las tres baterías de litio de 60 voltios y 13 amperes-hora con su respectivo conector hembra en la parte superior de la misma.

Diseño de conexiones eléctricas-electrónicas

Mediante el diseño asistido por computador se realizó una representación esquemática de las conexiones y la disposición de los elementos que conforman el

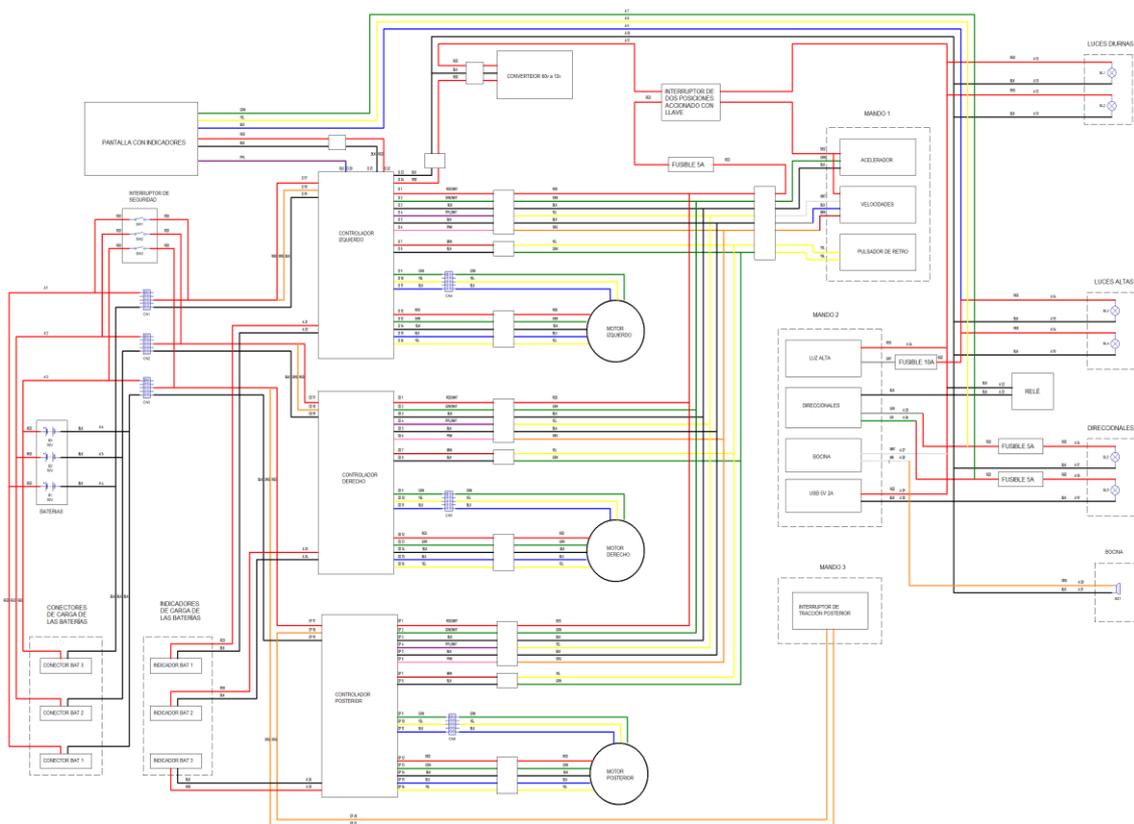
circuito del vehículo multipropósito L2 CMDR RICKSHAW, se llevó a cabo un plano eléctrico en el cual se muestran los elementos del sistema de tracción, electrónica de potencia, control, sistema de alumbrado y accesorios.

Diagrama de instalación eléctrica y electrónica

El diagrama de instalaciones contiene el cableado eléctrico con sus respectivos colores. Además, se ha colocado un código para cada cable.

Figura 15

Diagrama de la instalación eléctrica y electrónica del prototipo



Nota. Se muestra las conexiones de los elementos eléctricos – electrónicos en el que se pueden notar el motor de tracción, electrónica de potencia y control, además de sistemas auxiliares del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW.

El diagrama de conexiones del prototipo conto con elementos como baterías, indicadores de nivel de baterías, conectores para recarga de baterías, los motores

eléctricos con sus respectivos controladores uno por motor, además de un mando para controlar el giro de los mismos.

Tabla 14

Abreviatura de los colores de cables utilizados en el circuito eléctrico y electrónico del prototipo

ABREVIATURA	COLOR	
BLK	Negro	
RED	Rojo	
ORG	Naranja	
BLU	Azul	
YEL	Amarillo	
GRN	Verde	
PNK	Rosa	
BRN	Café	
GRY	Gris	
WHT	Blanco	
PPL	Púrpura	

Nota. Se detalla el color de cableado y su respectiva abreviatura utilizado para las conexiones de los componentes eléctricos - electrónicos del prototipo.

En el diagrama de conexiones se observó la nomenclatura que tiene el cableado de tal manera que se comprenda a que corresponde cada cable. Se denominó "CI" para el controlador del lado izquierdo, "CD" para el controlador derecho del prototipo, "CP" para el controlador posterior del vehículo eléctrico y "A" para la identificación de accesorios.

Tabla 15*Nomenclatura de cables del circuito eléctrico y electrónico del prototipo*

NOMBRE	DESCRIPCIÓN
CI 1	Alimentación del mando 1
CI 2	Señal del acelerador que recibe el controlador izquierdo
CI 3	Tierra del acelerador
CI 4	Primera velocidad para el motor izquierdo
CI 5	Segunda velocidad para el motor izquierdo
CI 6	Tercera velocidad para el motor izquierdo
CI 7	Cable del pulsador de retro para el motor izquierdo
CI 8	Cable del pulsador de retro para el motor izquierdo
CI 9	Cable de alimentación del primer bobinado del motor izquierdo
CI 10	Cable de alimentación del segundo bobinado del motor izquierdo
CI 11	Cable de alimentación del tercer bobinado del motor izquierdo
CI 12	Cable de alimentación del sensor del motor izquierdo
CI 13	Cable del primer sensor hall del motor izquierdo
CI 14	Cable de masa del sensor del motor izquierdo
CI 15	Cable del tercer sensor hall del motor izquierdo
CI 16	Cable del segundo sensor hall del motor izquierdo
CI 17	Cable positivo de la batería 1
CI 18	Alimentación del controlador izquierdo
CI 19	Cable negativo de la batería 1
CI 20	Salida de voltaje para el velocímetro
CI 21	Masa del tablero de indicadores

NOMBRE	DESCRIPCIÓN
CI 22	Alimentación del tablero de indicadores
CI 23	Masa del convertidor 60V a 12V
CI 24	Alimentación del convertidor 60V a 12V
CD 1	Alimentación del mando 1
CD 2	Señal del acelerador que recibe el controlador derecho
CD 3	Tierra del acelerador
CD 4	Primera velocidad para el motor derecho
CD 5	Segunda velocidad para el motor derecho
CD 6	Tercera velocidad para el motor derecho
CD 7	Cable del pulsador de retro para el motor derecho
CD 8	Cable del pulsador de retro para el motor derecho
CD 9	Cable de alimentación del primer bobinado del motor derecho
CD 10	Cable de alimentación del segundo bobinado del motor derecho
CD 11	Cable de alimentación del tercer bobinado del motor derecho
CD 12	Cable de alimentación del sensor del motor derecho
CD 13	Cable del primer sensor hall del motor derecho
CD 14	Cable de masa del sensor del motor derecho
CD 15	Cable del tercer sensor hall del motor derecho
CD 16	Cable del segundo sensor hall del motor derecho
CD 17	Cable positivo de la batería 2
CD 18	Alimentación del controlador derecho
CD 19	Cable negativo de la batería 2
CP 1	Alimentación del mando 1

NOMBRE	DESCRIPCIÓN
CP 2	Señal del acelerador que recibe el controlador posterior
CP 3	Tierra del acelerador
CP 4	Primera velocidad para el motor posterior
CP 5	Segunda velocidad para el motor posterior
CP 6	Tercera velocidad para el motor posterior
CP 7	Cable del pulsador de retro para el motor posterior
CP 8	Cable del pulsador de retro para el motor posterior
CP 9	Cable de alimentación del primer bobinado del motor posterior
CP 10	Cable de alimentación del segundo bobinado del motor posterior
CP 11	Cable de alimentación del tercer bobinado del motor posterior
CP 12	Cable de alimentación del sensor del motor posterior
CP 13	Cable del primer sensor hall del motor posterior
CP 14	Cable de masa del sensor del motor posterior
CP 15	Cable del tercer sensor hall del motor posterior
CP 16	Cable del segundo sensor hall del motor posterior
CP 17	Cable positivo de la batería 3
CP 18	Alimentación del controlador posterior
CP 19	Cable negativo de la batería 3
CP 20	Cable del interruptor de encendido del motor posterior
CP 21	Cable del interruptor de encendido del motor posterior
A 1	Conexión positiva de la batería 1
A 2	Conexión positiva de la batería 2
A 3	Conexión positiva de la batería 3

NOMBRE	DESCRIPCIÓN
A 4	Conexión negativa de la batería 1
A 5	Conexión negativa de la batería 2
A 6	Conexión negativa de la batería 3
A 7	Cable hacia el tablero del direccional derecho
A 8	Cable hacia el tablero del direccional izquierdo
A 9	Cable hacia el tablero de las luces altas
A 10	Masa
A 11	Alimentación de 12V
A 12	Positivo de luces diurnas
A 13	Negativo de luces diurnas
A 14	Positivo de luces altas
A 15	Negativo de luces altas
A 16	Positivo de direccional izquierdo
A 17	Negativo de direccional izquierdo
A 18	Positivo de direccional derecho
A 19	Negativo de direccional derecho
A 20	Positivo de bocina
A 21	Negativo de bocina
A 22	Entrada de tensión al relé
A 23	Salida de tensión del relé
A 24	Cable del interruptor de encendido de luces altas
A 25	Salida de tensión desde el mando 2 hacia el direccional izquierdo
A 26	Salida de tensión desde el mando 2 hacia el direccional derecho

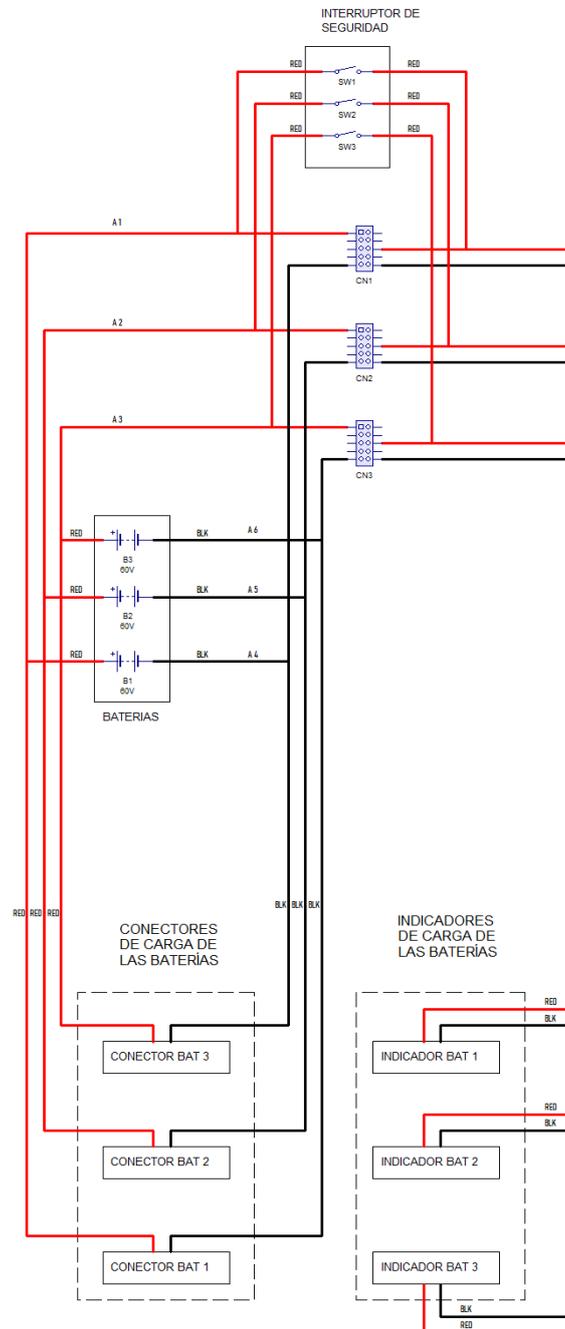
NOMBRE	DESCRIPCIÓN
A 27	Alimentación del pulsador de la bocina
A 28	Alimentación de la bocina
A 29	Alimentación para el puerto USB
A 30	Masa para el puerto USB
A31	Alimentación para indicador izquierdo
A32	Masa para indicador izquierdo
A33	Alimentación para indicador derecho
A34	Masa para indicador derecho
A35	Alimentación para indicador posterior
A36	Masa para indicador posterior

Nota. Se muestra la denominación que toma cada conductor en el circuito eléctrico-electrónico del prototipo.

En el circuito diseñado para la implementación en el prototipo inicia en las baterías, que se conectan por su extremo positivo hacia el interruptor de corte de emergencia o interruptor de seguridad, que nos permitirá desconectar las baterías de manera rápida en caso de existir algún inconveniente con el sistema eléctrico del prototipo.

Figura 16

Representación de las baterías, interruptor de seguridad, conectores de carga e indicadores de carga de las baterías del prototipo



Nota. En la gráfica se visualiza como se encuentran representados las baterías, interruptor de seguridad, conectores de carga e indicadores de carga de las baterías del prototipo

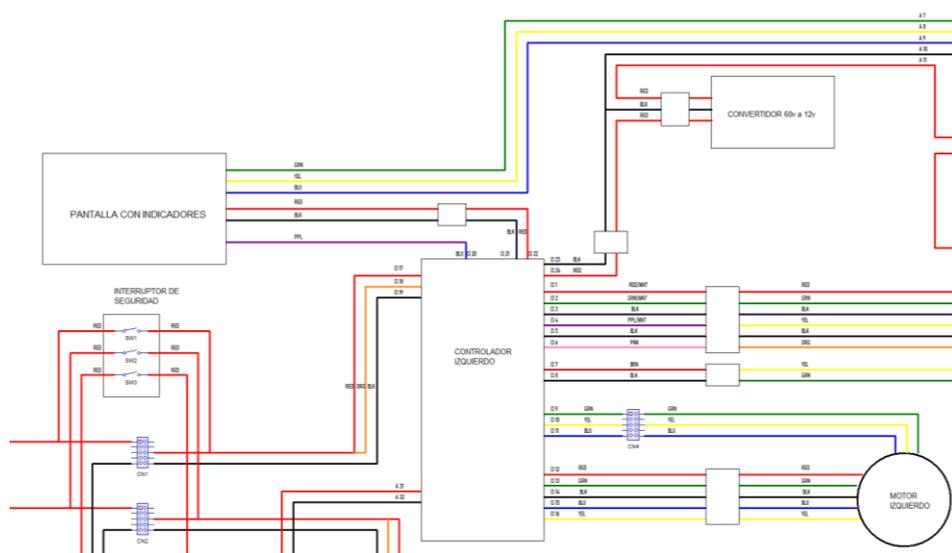
El terminal positivo de la batería se conecta al controlador después del interruptor de seguridad y el terminal negativo se conecta directo, pasando solamente por una bornera que se usó para facilitar la conexión de los cables. Al otro extremo del módulo se encuentran los cables de conexión hacia el mando del acelerador, pulsador de retro y selector de velocidades. Además de, las conexiones hacia el motor, tanto de sus bobinas como de los sensores de efecto hall que posee el mismo.

En este prototipo se realizó una conexión independiente para cada motor, por lo que la forma de conexión se repite en los demás controladores. Sin embargo, en el caso del controlador izquierdo se encuentran tres conexiones adicionales, la primera se utilizó para alimentar el tablero de indicadores, la segunda es una salida de voltaje para el velocímetro y la tercera es una salida de 60V que se conecta al convertidor tipo DC/DC para obtener una línea de tensión de 12V.

Por su parte, la pantalla con indicadores posee tres cables adicionales a los de alimentación y velocímetro, los mismos que corresponden a direccionales y luces altas.

Figura 17

Conexiones del controlador, motor y accesorios del prototipo

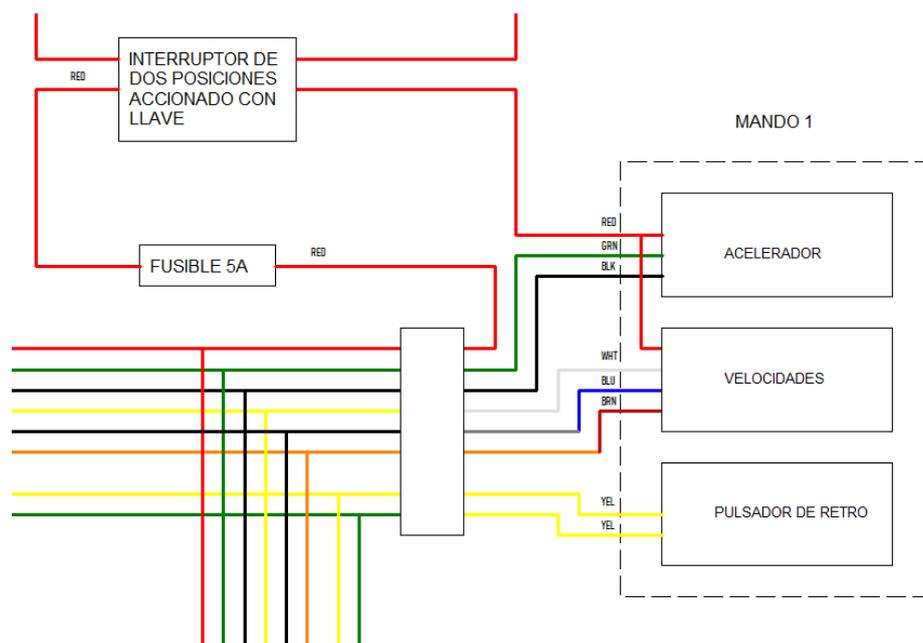


Nota. En la figura se observa las conexiones del sistema de tracción motor y control del prototipo.

La instalación de un interruptor de encendido con llave y de dos posiciones que permitió desconectar el mando 1 en el cual se encuentra el acelerador, de los controladores.

Figura 18

Conexiones eléctricas del mando 1

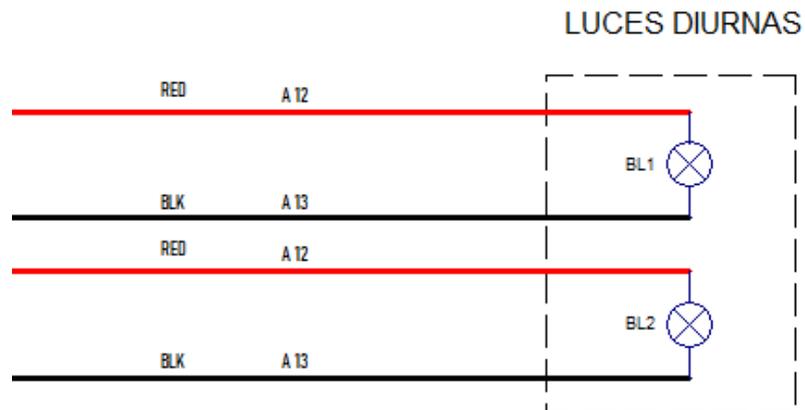


Nota. En el mando 1 se presentan el selector de velocidades, pulsador del retro, acelerador y el interruptor de dos posiciones accionado por llave.

Para el sistema de alumbrado, se tuvo en consideración luces diurnas, que se encienden junto al resto del sistema eléctrico, por lo que, no cuentan con un interruptor de encendido.

Figura 19

Conexión de las luces diurnas del prototipo

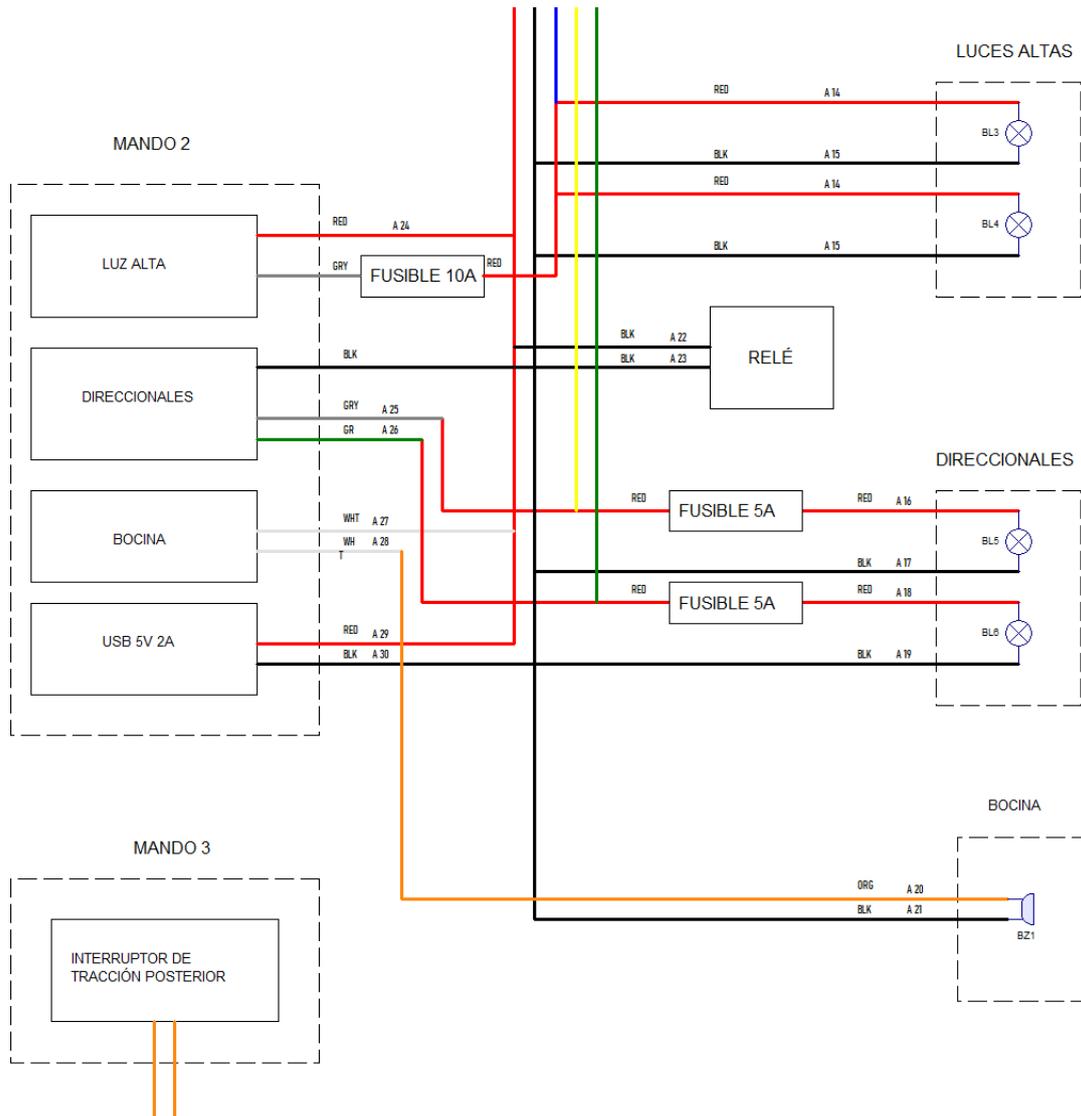


Nota. Conexiones de alumbrado de luces diurnas del prototipo.

El resto del alumbrado fue constituido por las luces altas y los direccionales, los cuáles son activados mediante interruptores ubicados en el mando 2. En el caso de las luces direccionales fue necesario el uso de un relé que permita el encendido y apagado intermitente característico de este sistema. En el mismo mando se encuentra el pulsador para la bocina y el puerto USB de 5V.

Figura 20

Sistema de alumbrado y accesorios del prototipo

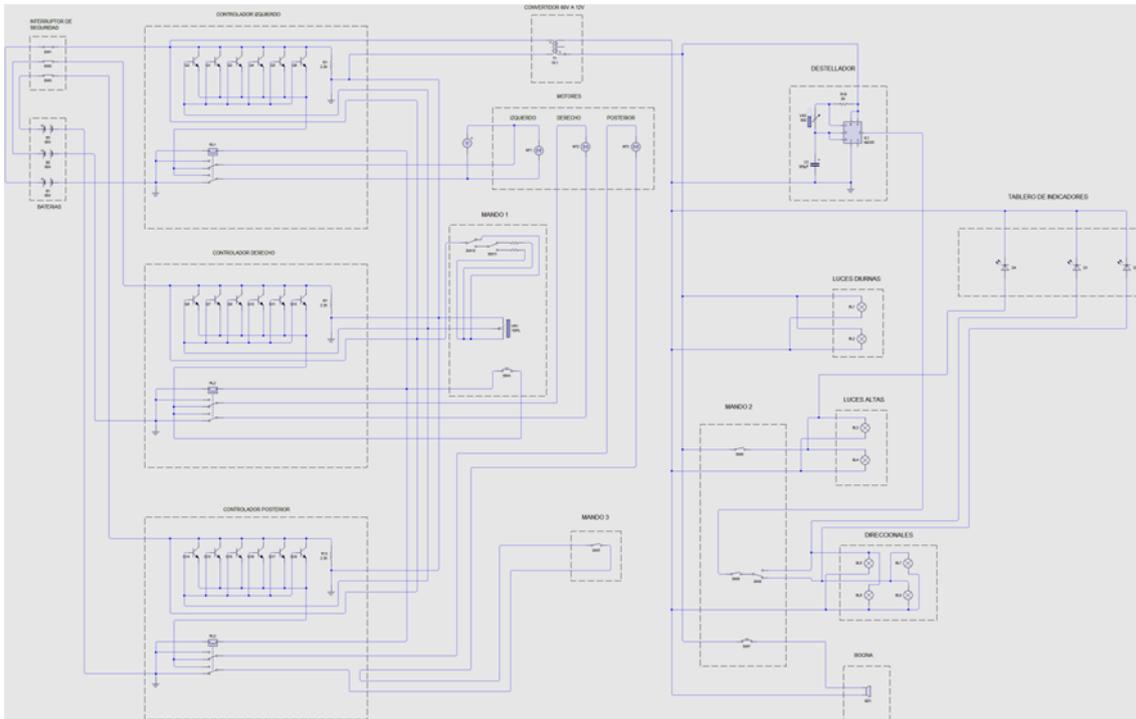


Nota. Se presenta las conexiones del sistema de alumbrado y accesorios del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW.

El interruptor que acciona el motor trasero, funciona al cortar o dejar fluir la corriente de la batería que alimenta los componentes del controlador.

Figura 21

Simulación de la instalación eléctrica - electrónica del prototipo



Nota. En la figura se observa el diagrama eléctrico de conexiones del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW.

Implementación del sistema de tracción y energía BEV del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW

Para la implementación del sistema de tracción y energía del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW se realizó teniendo en cuenta las bases para cada elemento eléctrico – electrónico de tal manera que la geometría de los componentes no represente un problema y afecte al confort del prototipo.

Motor eléctrico

Para la implementación del motor eléctrico en la estructura del prototipo se realizó acorde a los valores obtenidos en los cálculos de potencia nominal del sistema de tracción motor eléctrico con el fin de cumplir con los parámetros previamente establecidos.

Figura 22

Implementación del sistema de tracción motor en el prototipo



Nota. Montaje del motor eléctrico con su neumático en la estructura base que se adaptó al chasis del prototipo.

En la implementación de los motores eléctricos del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW se optó por la utilización de un solo tipo de motor eléctrico para todo el sistema de tracción.

Baterías

Con las características técnicas del motor eléctrico y parámetros como autonomía en función de la velocidad se seleccionó las baterías de alta tensión, conforme a su geometría se van ubicando en el espacio destinado para las mismas.

Figura 23*Implementación de baterías de alta tensión*

Nota. Disposición de las baterías en las bases adaptadas en la parte central del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW.

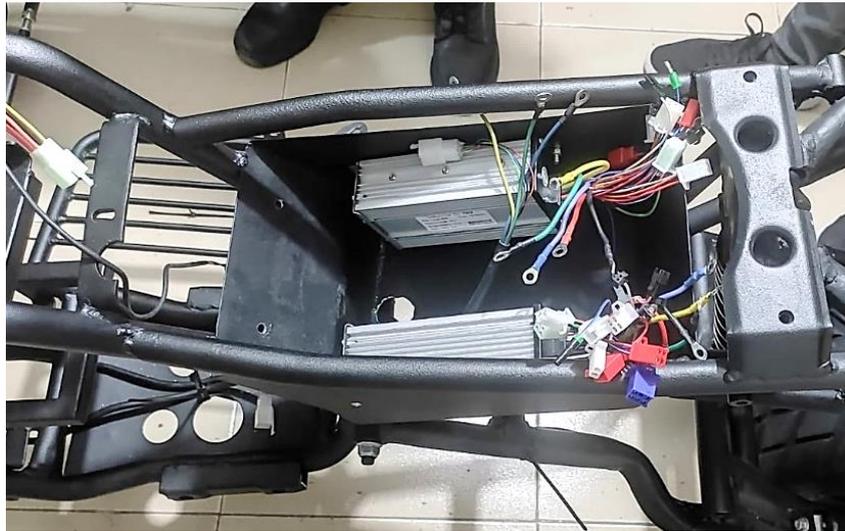
Para la instalación de las baterías de alta tensión se prefirió ubicar las baterías en el lugar de mayor espacio en la estructura de tal manera que sea de fácil acceso y en el momento que se deba realizar un mantenimiento, todo esto soportado en bases de la estructura.

Controlador del sistema de tracción

Para el controlador electrónico se consideró la tensión y la capacidad de corriente que muestran las especificaciones del mismo de modo que el sistema control electrónico funcionen correctamente.

Figura 24

Implementación de controladores del sistema de tracción



Nota. Ubicación y fijación de los controladores del sistema de control en la estructura del vehículo eléctrico.

Para la ubicación de los controladores se consideró un lugar apropiado que cuente con una base compacta en el que se pueda fijar cada controlador, además que cuente con un fácil acceso para la realización de las conexiones eléctricas y electrónica.

Convertidor DC/DC

El convertidor DC/DC del prototipo se tomó en cuenta para la colocación de sistemas eléctricos auxiliares de vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW, se utilizarán elementos electrónicos de fácil acceso en el mercado.

Figura 25

Ubicación del convertidor DC/DC



Nota. El convertidor CD/CD se ubicó en el lugar cercano a los controladores de tal manera que sea fácil su conexión.

El convertidor DC/DC se lo colocó a consecuencia de que los sistemas eléctricos auxiliares del vehículo tienen un voltaje y amperaje diferente al proporcionado por el controlador, fijándolo a una base de la estructura del prototipo.

Switch de encendido del prototipo

El switch de encendido del vehículo multipropósito se optó por un conmutador de llave ya que se debe tener en cuenta que según el plano de conexión eléctrica del prototipo el corte de corriente se hace a la señal del acelerador y al positivo del convertidor CD/CD.

Figura 26

Ubicación del switch de llaves de encendido



Nota. Ubicación switch de encendido con llave en la parte posterior de la columna de dirección de prototipo.

Se colocó el switch de encendido con llave del prototipo en la parte posterior de la columna de dirección ya que este es un lugar a la que el conductor tiene un acceso rápido al encendido del vehículo VEB.

Conmutador de emergencia

Se colocó un disyuntor como sistema de protección del circuito que alimenta al prototipo y en caso que se presente un imprevisto con el conjunto motor eléctrico, controlador y control de velocidad se pueda utilizar como un paro de emergencia.

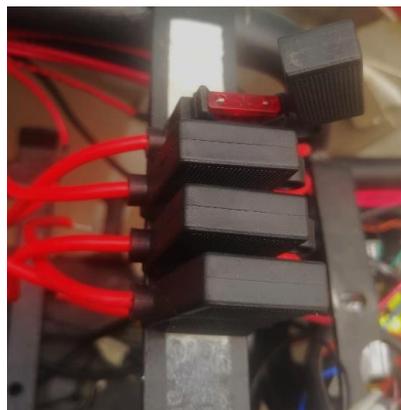
Figura 27*Ubicación del disyuntor*

Nota. Se muestra el conmutador de emergencia ubicado delante del conductor para su rápido accionamiento.

Considerando que se utiliza un conmutador que permite el corte de corriente hacia todo el circuito eléctrico del prototipo la ubicación es en la parte frontal del conductor de modo que sea fácil su accionamiento en caso de emergencia.

Fusiblera

Los fusibles del vehículo BEV se volvieron necesarios incorporarlos como un mecanismo de protección de los sistemas auxiliares, ya que se puede presentar un desperfecto del convertidor CD/CD o algún cortocircuito.

Figura 28*Fusiblera del vehículo eléctrico*

Nota. Sitio en el que se implementó la fusilera del vehículo eléctrico estos cuentan con protección contra el agua.

La fusilera se encuentra dispuesta por debajo del carenado, con el fin de que se encuentre a buen recaudo ante de cualquier agente externo que pueda causar daño a este componente de protección.

Mando del Acelerador (Mando 1)

La selección del acelerador se lo realizo teniendo en consideración el voltaje de señal proporcionado por los controladores de tal manera que se pueda verificar la completa funcionalidad. Además, en este mando se encuentra el botón de retro que invierte el sentido de giro de los motores y el selector de cambios de velocidad.

Figura 29

Instalación del acelerador del prototipo



Nota. Instalación del mando de acelerador, retro y cambios en el manubrio del prototipo con su cableado de conexiones directamente al controlador.

El acelerador por su forma se ubicó en el manubrio, el mismo que se fijó con tornillos y con la posibilidad de que gire libremente de tal manera que es capaz de enviar voltaje de señal hacia los controladores con el fin de dar movimiento a los tres motores eléctricos a la vez. El botón de retro se conectó en el controlador con el fin de invertir el giro de los motores. El selector de cambios ubicó en la parte inferior del

mando del acelerador que varía los voltajes que se entregan a los motores de tal manera que estos giren a distinta velocidad.

Botón de luces intermitentes

Las luces intermitentes se implementaron como medio de comunicación con el fin alertar de que el conductor del prototipo va a realizar una maniobra.

Figura 30

Disposición del botón de luces intermitentes



Nota. Sitio donde colocó el botón de luces intermitentes asegurado por un tornillo de la base de la bomba de freno delantero.

Se fija el botón de luces intermitentes adosado a la base de la bomba de freno de modo que en el momento en que se accione se mantenga en su lugar y no tienda a moverse, así mismo, permite una rápida activación.

Sistema de iluminación del prototipo (mando 2)

El sistema de alumbrado incluye un selector para luz de carretera, luces indicadoras de dirección según lo estipula la normativa NTE INEN 2560. Cabe mencionar que los interruptores de luz de freno se encuentran dispuestos por debajo de cada bomba de freno tanto delantero como posterior. Además, en el mando de control de luces se encuentran el botón que acciona la bocina del prototipo.

Figura 31

Disposición del mando de alumbrado y bocina



Nota. Instalación del mando 2 del sistema de alumbrado, luces de carretera, luces direccionales y bocina en el extremo izquierdo del manubrio.

Tabla 16

Consumo de sistema de iluminación y bocina

Descripción	Potencia (W)	Tensión (V)	Intensidad (A)
Luz diurna	12	12	1
Luz de carretera	60	12	5
Luces direccionales	7,2	12	0,6
Luces intermitentes	14,4	12	1,2
Luz de freno	20	12	1,67
Bocina	18	12	1,5

Nota. En la tabla se presentan el consumo de cada componente del sistema de alumbrado y bocina.

Switch accionador de tracción 3x3 (mando 3)

Para la elección del switch que active la tracción 3x3 se consideró uno de 2 posiciones ON/OFF el que permitió que se activar la tracción 3x3 cuando se considere necesario dejando fluir la corriente desde la batería hacia el controlador permitiendo que el motor posterior empiece a girar en conjunto con todo el sistema de tracción.

Figura 32

Instalación del switch accionador de la tracción 3X3



Nota: Switch de accionamiento de tracción 3X3 se instaló en el manubrio del volante del prototipo junto al mando 2 de sistema de alumbrado.

La ubicación del switch es de fácil acceso y se ubicó en el manubrio en el lado izquierdo del mismo esto para una mejor maniobrabilidad en el momento de conducción y no sea complicado el accionamiento cuando se requiera utilizar la tracción 3X3.

Panel de instrumentos

El panel de instrumentos es uno de los elementos esenciales con los que cuenta un vehículo eléctrico, en el mismo se mostraron indicadores de nivel de carga de batería, indicador de luces de carretera, luces direccionales además de desplegar valores de distancia recorrida y velocidad.

La pantalla LCD se conectó en conjunto con los mandos de control de modo que la el panel de control LCD muestre con sincronismo los indicadores dispuestos en el mismo. Los mandos de luces se conectaron a una salida de baja del convertidor CD/CD ya que el sistema de alumbrado funciona a diferente voltaje que el del sistema de tracción.

Figura 33

Panel de control LCD del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW



Nota. Para que el panel de control LCD muestre cada uno de los indicadores se realizó la instalación en conjunto con los mandos de control para que tenga un correcto funcionamiento.

Conectores de carga para baterías

Los conectores de carga fueron montados en el carenado del prototipo con el fin de que no exista la necesidad de sacar las baterías ni desconectar para recargar el vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW

Figura 34

Ubicación de los conectores de carga



Nota. Conectores de carga dispuestos en el lateral del carenado siendo así de fácil acceso para recargar las baterías del prototipo.

Indicadores de carga para baterías

Los indicadores de carga para cada batería se colocaron debajo del interruptor de dos posiciones accionado por llave, el primer indicador corresponde a la batería del motor derecho, el segundo al indicador de la batería izquierda y el tercero, se utiliza para la batería posterior.

Figura 35

Ubicación de los indicadores de carga



Nota. Indicadores de carga colocados en la parte superior del carenado, otorgando gran visibilidad al conductor del vehículo eléctrico.

Capítulo IV

Análisis de resultados de las conexiones eléctricas del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW

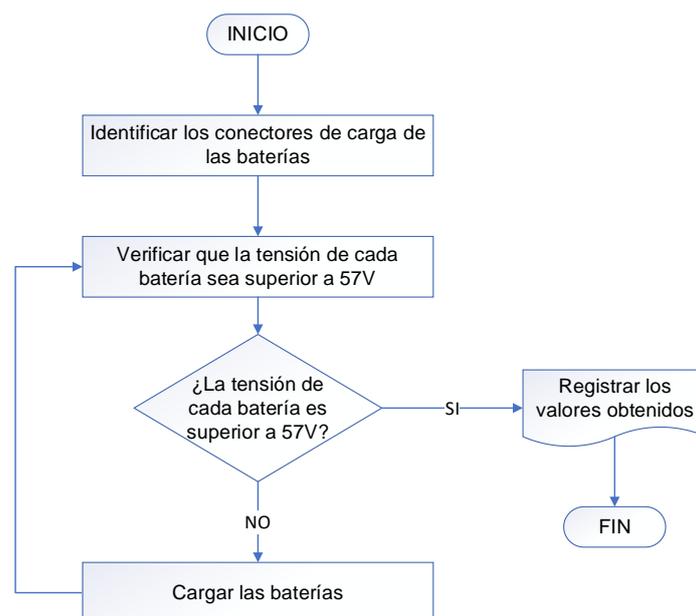
Una vez culminada la implementación del sistema de tracción y energía del prototipo se comprobó el correcto funcionamiento de los accesorios, accionamiento de los motores y los consumidores a través de los mandos que se colocaron en el manubrio como se detalló en el capítulo anterior.

Tensión de las baterías

Para comprobar que el prototipo funcione adecuadamente es necesario que la tensión de las tres baterías utilizadas en el vehículo eléctrico sea igual o superior al 25% de su capacidad.

Figura 36

Comprobación del estado de carga de las baterías



Nota. Se muestra el proceso que se realizó para comprobar que la tensión de las baterías fue la adecuada para poner en funcionamiento el vehículo eléctrico.

El prototipo incorpora en su estructura tres baterías que poseen una tensión nominal de 60 V. Al realizar el proceso, se obtuvo que las baterías poseían una tensión

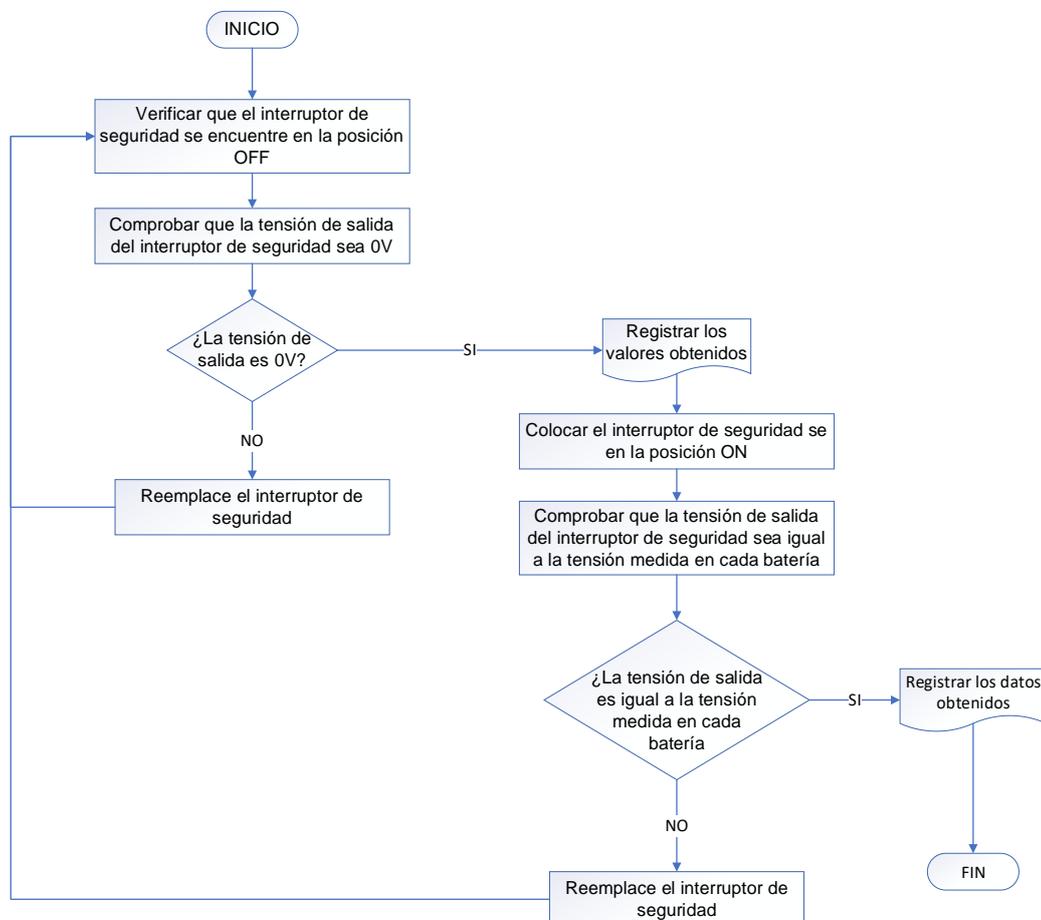
de 62V, valor que se utilizó como referencia para comprobar el funcionamiento de ciertos componentes que conforman el vehículo eléctrico y que permitió que el prototipo funcione con normalidad.

Interruptor de seguridad

El terminal positivo de las baterías pasa por el interruptor de seguridad, el cual se consideró como el interruptor principal del sistema y permite el funcionamiento del circuito al alimentar los controladores cuando se coloca en la posición ON.

Figura 37

Diagrama de flujo para la comprobación del correcto funcionamiento del interruptor de seguridad



Nota. Se detalla las condiciones que se deben presentar para comprobar el funcionamiento del interruptor de seguridad y la solución ante un mal funcionamiento.

Un interruptor de seguridad en mal estado puede permitir el paso de tensión y corriente eléctrica cuando se encuentra en la posición OFF, es este caso el prototipo estaría encendido todo el tiempo, por lo que, el usuario no podría detener el vehículo si llega a existir un desperfecto en las instalaciones eléctricas del mismo. Por otra parte, el interruptor puede impedir el paso de tensión y corriente eléctrica hacia el controlador, lo que impedirá que el tricar funcione.

Tabla 17

Comprobación del funcionamiento del interruptor de seguridad

COMPONENTE	CONDICIÓN	TENSIÓN NOMINAL	TENSIÓN MEDIDA
Interruptor de seguridad	En posición OFF	0V	0V
	En posición ON	62V	62V

Nota: Se muestran los resultados que se obtuvieron al comprobar el funcionamiento del interruptor de seguridad usando el diagrama de flujo.

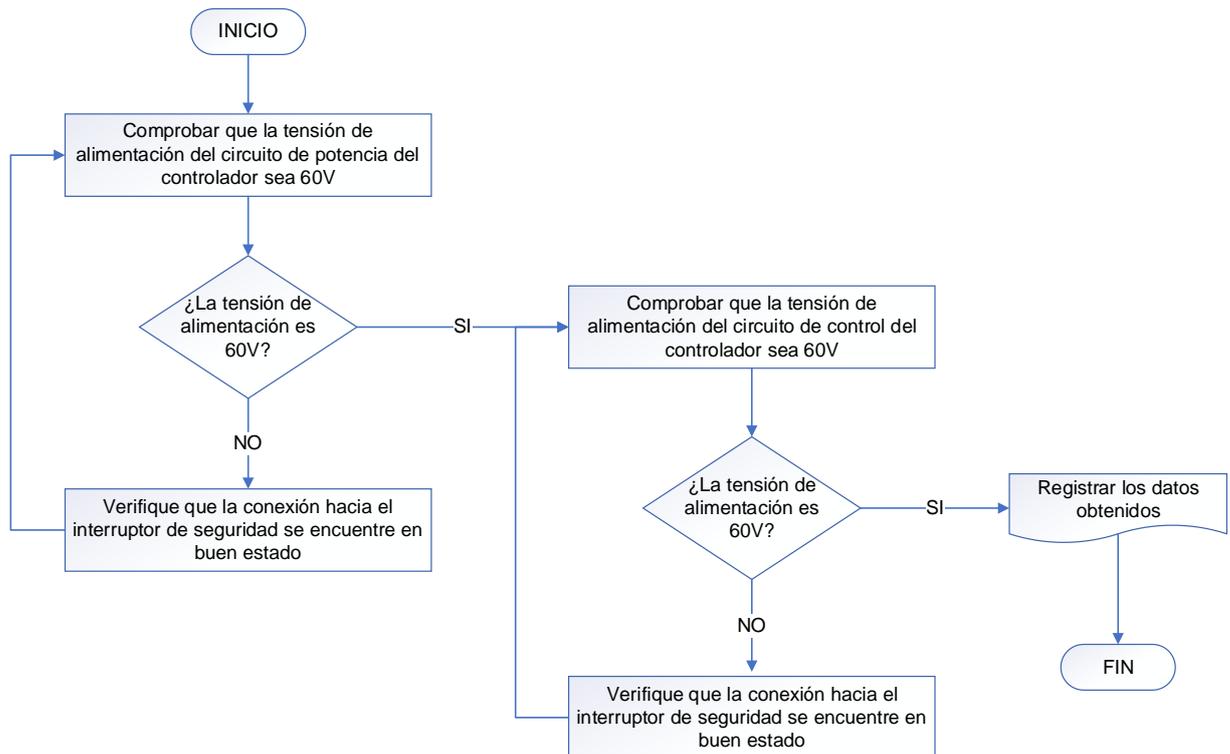
La tensión que pudo ser medida a la salida del interruptor de seguridad, tomando en cuenta su posición, nos permitió comprobar que el componente funciona de manera correcta, permitiendo la alimentación de los controladores y, por tanto, el funcionamiento del vehículo eléctrico.

Controlador

En el prototipo se instalaron tres controladores, los cuales cuentan con las mismas características y sus conexiones se realizan de la misma manera, por tanto, la verificación de su funcionamiento se repite en cada uno de ellos.

Figura 38

Diagrama de flujo de la comprobación de la tensión de alimentación del controlador



Nota. En el controlador se encuentran dos cables de alimentación, uno de ellos corresponde al circuito de control y el otro al circuito de potencia, los cuales se alimentan con la misma tensión.

Para que los controladores puedan funcionar, necesitan recibir la tensión de las baterías que ingresa al circuito a través del interruptor de seguridad. La tensión nominal de operación de los controladores es 60V, por lo que, la tensión de las baterías debe ser cercana a este valor.

Tabla 18

Comprobación de la tensión de alimentación de los controladores

COMPONENTE	PARÁMETRO	TENSIÓN NOMINAL	TENSIÓN MEDIDA
------------	-----------	-----------------	----------------

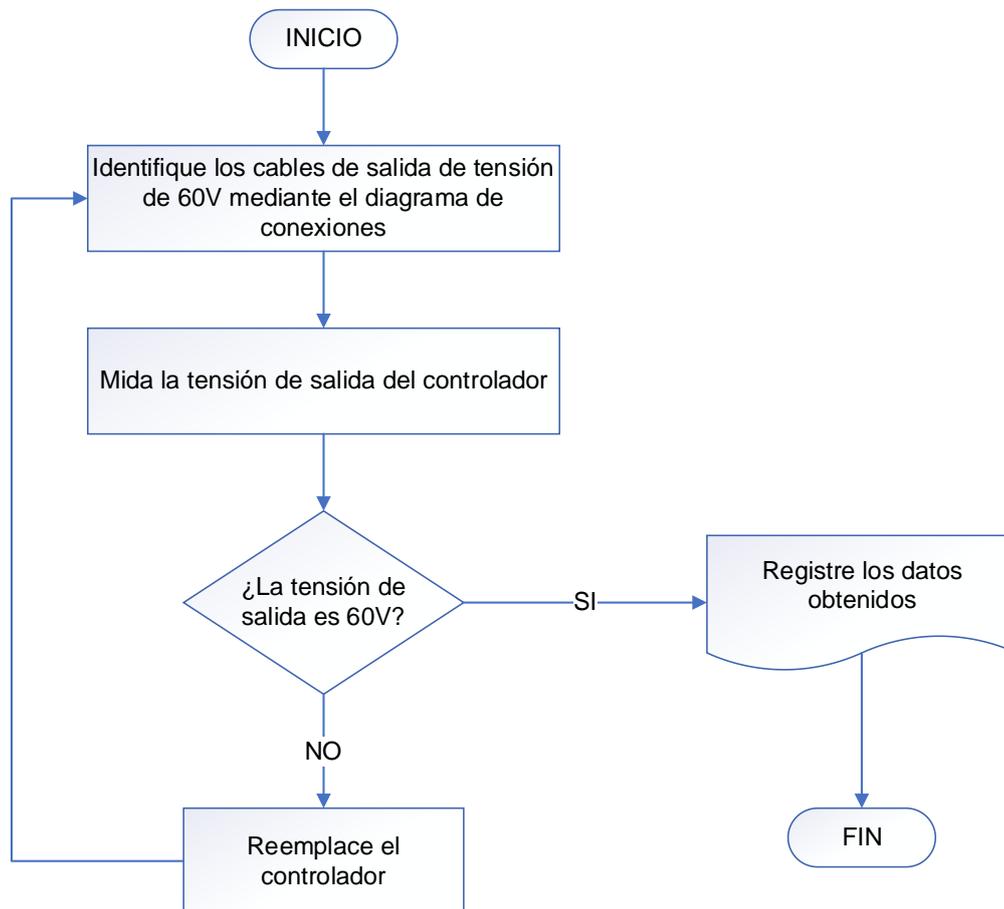
Controladores del prototipo	Tensión de		
	alimentación del	60V	62V
	circuito de control		
	Tensión de		
	alimentación del	60V	62V
	circuito de		
	potencia		

Nota. Se muestran los resultados que se obtuvieron al medir la tensión que ingresa a los controladores para que estos puedan funcionar.

Al contar con una conexión adecuada de los controladores, se comprobó que la tensión que ingresa a los controladores a través de sus cables de alimentación es la misma que se midió en las baterías que conforman el prototipo. Por tanto, se continuó con el proceso de verificación de los controladores, midiendo las tensiones de salida de 60V que poseen.

Figura 39

Diagrama de flujo de la comprobación de las salidas de tensión de 60V del controlador



Nota. Se muestra el procedimiento que se debe seguir para comprobar que las salidas de tensión del controlador funcionan.

La verificación de las salidas de tensión de 60V se considera como una prueba que se realiza para diagnosticar el funcionamiento del controlador. Si la tensión medida no es la esperada, se puede afirmar que existe un desperfecto en el módulo y, por tanto, este deberá ser reemplazado.

Tabla 19

Resultados de la comprobación de las salidas de tensión del controlador

COMPONENTE	CONDICIÓN	TENSIÓN NOMINAL	TENSIÓN MEDIDA
Controladores del prototipo	Tensión de salida 1 del controlador	60V	62V
	Tensión de salida 2 del controlador		

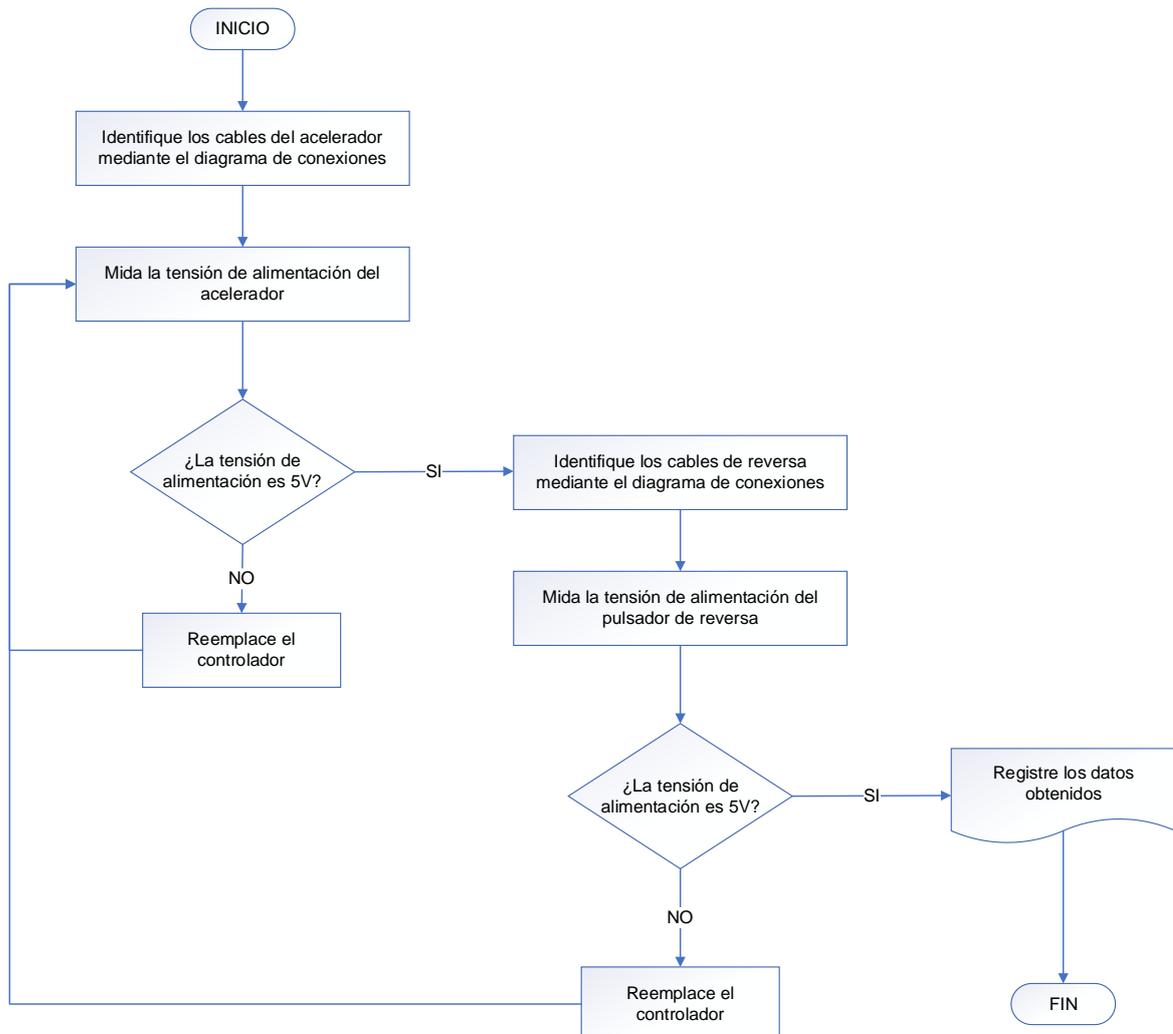
Nota: Se muestran los resultados que se obtuvieron al medir las tensiones de salida de 60v del controlador.

Al medir las tensiones en los terminales se pudo observar que los datos obtenidos concuerdan con las mediciones realizadas en las baterías, por lo que, se tuvo la certeza que los indicadores de carga se instalaron correctamente.

Por otra parte, tenemos dos salidas de tensión de 5V las cuales son usadas para activar el acelerador y el pulsador de marcha atrás.

Figura 40

Diagrama de flujo de la comprobación de las salidas de tensión de 5V del controlador



Nota. Se muestra el procedimiento que se debe seguir para comprobar que las salidas de tensión de 5V del controlador funcionan.

Se realizó la medición de las salidas de tensión de 5V del controlador como una prueba más para verificar el buen estado del componente y garantizar que el vehículo eléctrico no presente inconvenientes de funcionamiento.

Tabla 20

Comprobación del funcionamiento de las salidas de tensión de 5V del controlador

COMPONENTE	CONDICIÓN	TENSIÓN NOMINAL	TENSIÓN MEDIDA
Controladores del prototipo	Tensión de salida para la alimentación del acelerador	5V	5V
	Tensión de salida para la alimentación de reversa		

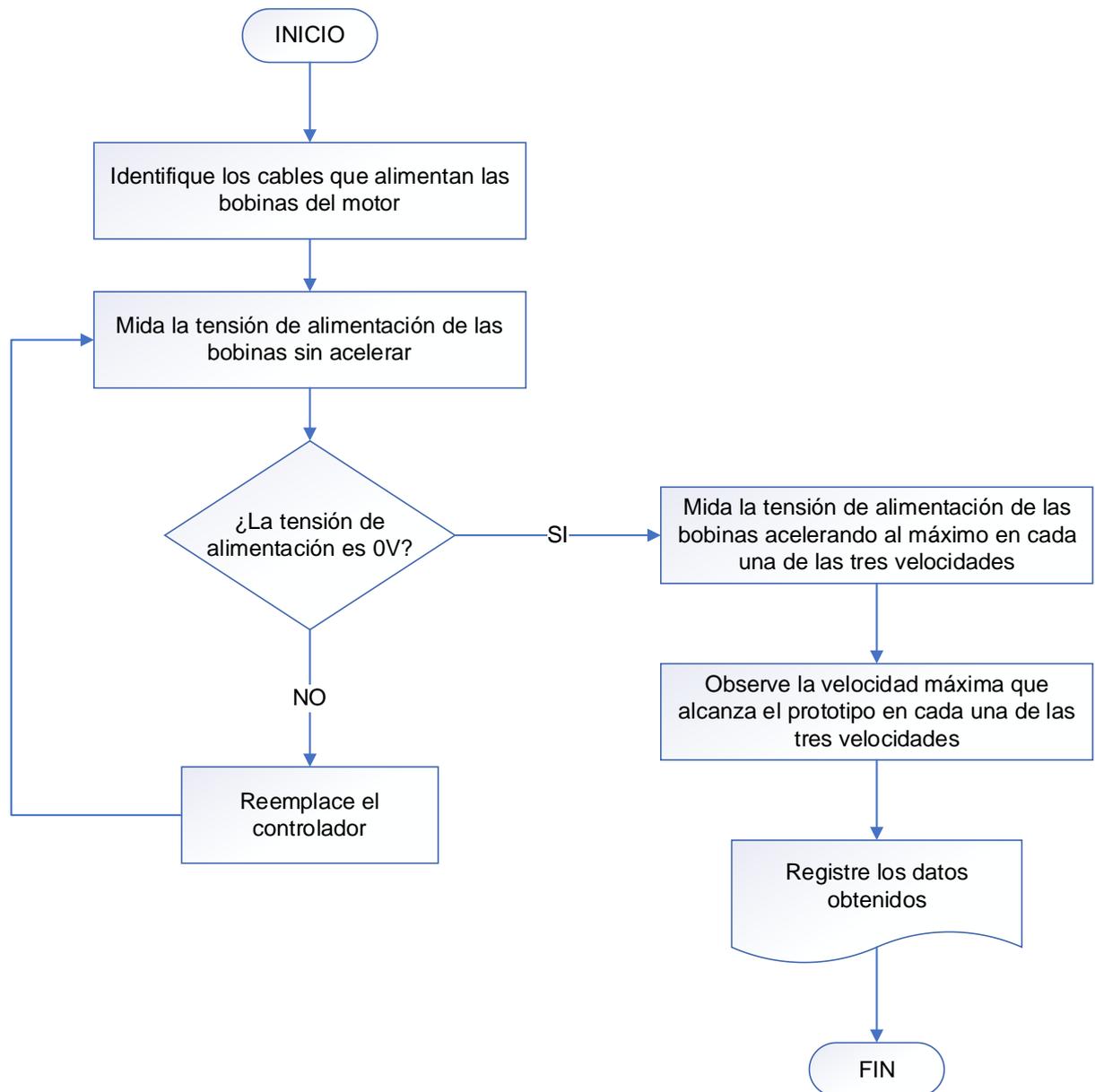
Nota. Se muestran los resultados que se obtuvieron al medir las tensiones de salida de 5V del controlador.

Se encontró que las salidas de tensión destinadas al acelerador y al retro se encuentran en condiciones óptimas de funcionamiento, por lo que, el prototipo podrá circular en los dos sentidos sin presentar inconvenientes.

Para que los motores trabajen, el controlador debe enviar una tensión a cada una de las bobinas del motor, la tensión máxima que el motor recibirá en cada bobina dependerá de la velocidad escogida, por lo que, se procedió a medir estos valores en cada controlador.

Figura 41

Diagrama de flujo de la obtención de la tensión máxima que recibe el motor



Nota. Se muestra el procedimiento que se debe seguir para obtener la tensión máxima que recibe un motor dependiendo de la velocidad seleccionada.

El procedimiento descrito nos permitió recopilar datos que nos sirvieron para comprobar tanto el funcionamiento del controlador, como el selector de velocidades ubicado en el mando número 1.

Tabla 21*Tensión máxima que recibe el motor*

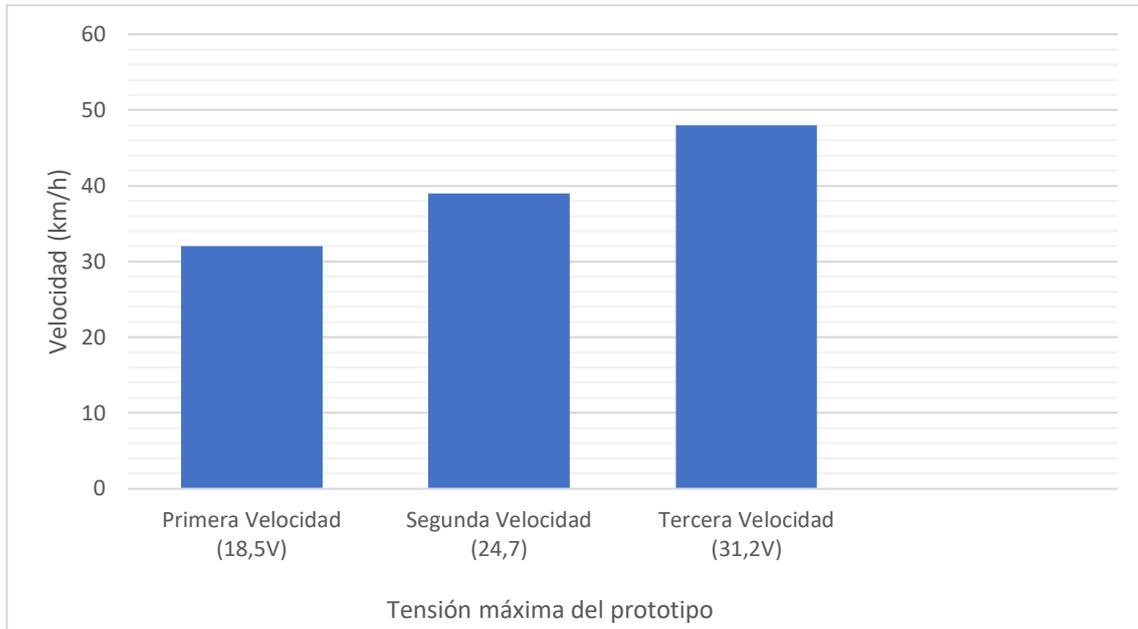
COMPONENTE	CONDICIÓN	TENSIÓN MEDIDA	VELOCIDAD MÁXIMA
	Tensión de salida hacia las bobinas del motor en primera velocidad	18.5V	32 km/h
Controladores del prototipo	Tensión de salida hacia las bobinas del motor en segunda velocidad	24.7V	39 km/h
	Tensión de salida hacia las bobinas del motor en tercera velocidad	31.2V	48 km/h

Nota. Se muestran los resultados que se obtuvieron al medir la tensión máxima que recibe un motor dependiendo de la velocidad seleccionada.

Mediante la medición de la tensión que el controlador envía a las bobinas, se comprobó que, dependiendo de la velocidad que se seleccione, la tensión aumenta o disminuye, lo que provoca que el vehículo eléctrico circule a mayor o menor velocidad, siendo la primera velocidad la más lenta y la tercera velocidad la más rápida, en donde se alcanza la velocidad máxima del prototipo.

Figura 42

Representación de la tensión y velocidad máxima del prototipo



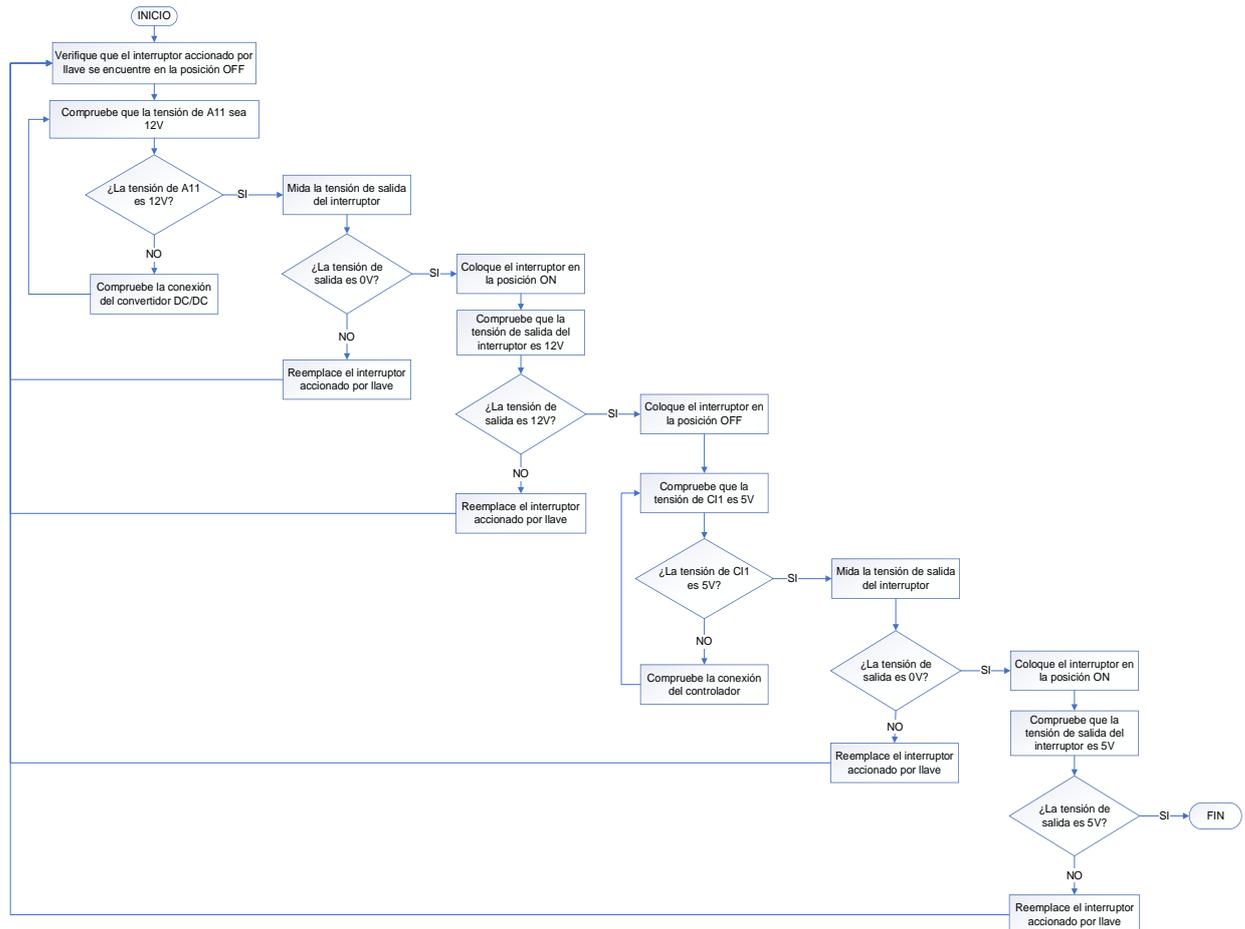
Nota. Se muestra mediante un diagrama de barras, la tensión máxima que recibe cada motor y la velocidad que puede alcanzar en cada una de las marchas.

Interruptor con llave de accionamiento

Se procedió a revisar el funcionamiento del interruptor accionado por llave que activa el acelerador y los tres mandos que posee el prototipo para el accionamiento tanto de los motores como de los accesorios.

Figura 43

Diagrama de flujo del funcionamiento del interruptor accionado por llave



Nota. Se detalla las actividades que se deben realizar para comprobar el funcionamiento del interruptor accionado por llave.

La comprobación del interruptor se realizó midiendo la tensión, tanto en la posición ON como en la posición OFF, para los dos cables que acciona el mismo. La importancia de un correcto funcionamiento del interruptor accionado por llave radica en que es este elemento el que controla el acelerador del vehículo eléctrico, permitiendo que este funcione o no.

Tabla 22*Comprobación del funcionamiento del interruptor accionado por llave*

CABLE	CONDICIÓN	TENSIÓN DE INGRESO	TENSIÓN DE SALIDA
A11	Interruptor en posición OFF	12V	0V
	Interruptor en posición ON	12V	12.5V
C11	Interruptor en posición OFF	5V	0V
	Interruptor en posición ON	5V	5.2V

Nota. Se muestran los resultados que se obtuvieron al comprobar el funcionamiento del del interruptor accionado por llave usando el diagrama de flujo.

Al realizar la medida de tensión en los dos cables se obtuvo que el interruptor se encuentra en excelentes condiciones de funcionamiento, permitiendo el paso de tensión cuando se encuentra en la posición ON de 12.5V en el caso del cableado que corresponde al cinturón de seguridad y de 5V correspondiente a la tensión de referencia del acelerador. La tensión en ambos casos tiene que ser cero cuando se coloca en la posición OFF.

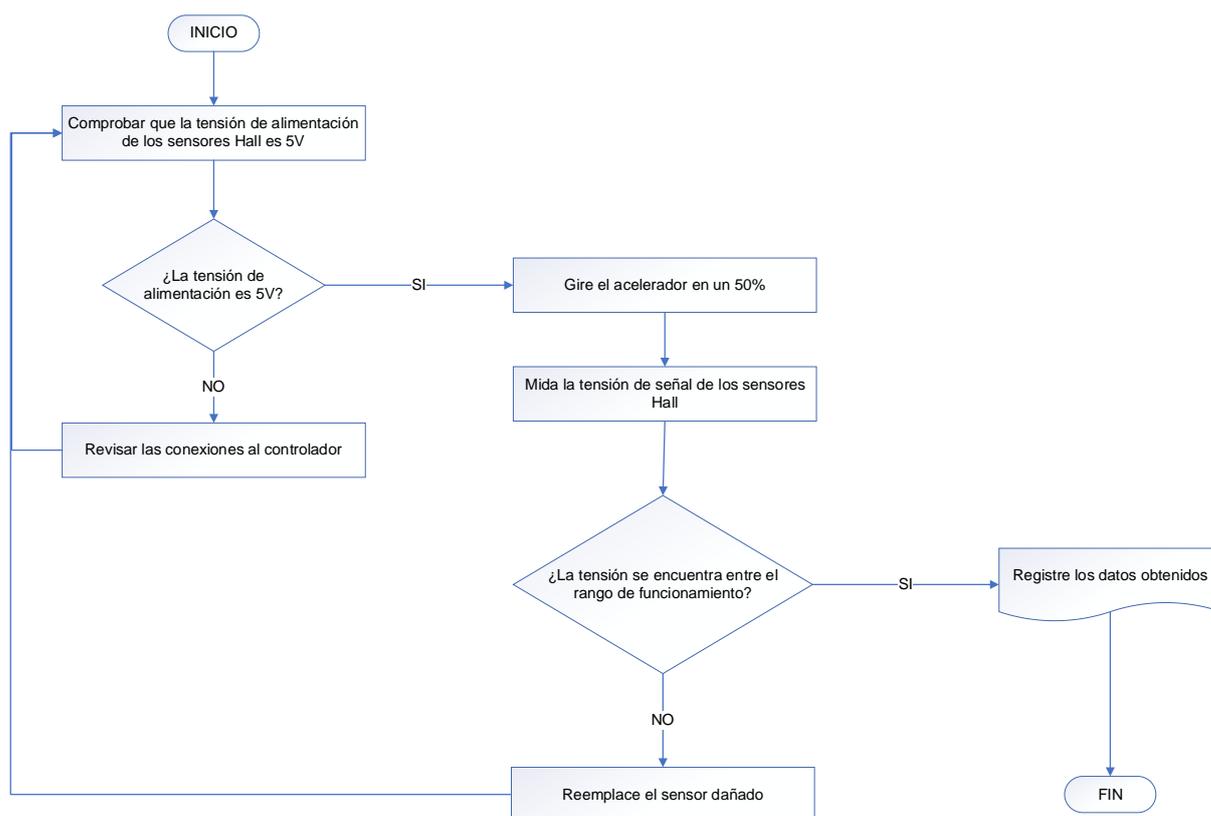
La importancia de la comprobación del funcionamiento del mando 1 radica en que, es mediante a este que se controla la aceleración de los motores, y un desperfecto en el mando o el cableado puede ocasionar un accidente.

Motor eléctrico

Se midió la tensión de referencia y de señal de los tres sensores Hall que incorpora cada motor para conocer el estado de los mismos, y con los valores obtenidos, saber si estos están trabajando de manera correcta.

Figura 44

Diagrama de flujo para la comprobación del correcto funcionamiento del motor eléctrico



Nota. Se muestran las actividades que se debieron realizar para comprobar el funcionamiento de los sensores Hall de los motores.

Si un motor presenta problemas en sus sensores de efecto Hall, no funcionaría de manera correcta, existiría una pérdida de potencia notable lo cual no permitiría utilizar el vehículo eléctrico con normalidad, y en un caso más extremo en donde los tres sensores dejen de funcionar, el motor quedaría inoperable.

Tabla 23*Comprobación del correcto funcionamiento del motor eléctrico*

COMPONENTE	CONDICIÓN	TENSIÓN NOMINAL	TENSIÓN MEDIDA
motor eléctrico	Tensión de alimentación de los sensores Hall	5V	5V
	Tensión de señal de los sensores Hall	0.8V a 4.2V	2.8V

Nota. Se describen los resultados que se obtuvieron al comprobar el funcionamiento de los sensores de efecto Hall de los motores.

Al realizar la comprobación de los sensores, se obtuvo un valor de tensión de referencia de 5V para todos los sensores, lo que garantiza que el sensor se encuentre operando, además la tensión de señal que se envía al controlador es de 2.8V, valor que se encuentra dentro del rango nominal de trabajo de un sensor de este tipo, por tanto, los motores se encuentran trabajando con normalidad al tener sus sensores en buenas condiciones.

Se pudo observar el funcionamiento de los sensores con la ayuda de un osciloscopio, para lo cual, se configuró una escala de 5V y 10 ms. Sin acelerar, se pudo distinguir que la posición del rotor fue detectada por el sensor Hall número uno, al mostrar una línea vertical cercana a los 5V, mientras que los sensores dos y tres se encuentran cercanos a 0V.

Figura 45

Señal de los sensores Hall sin acelerar

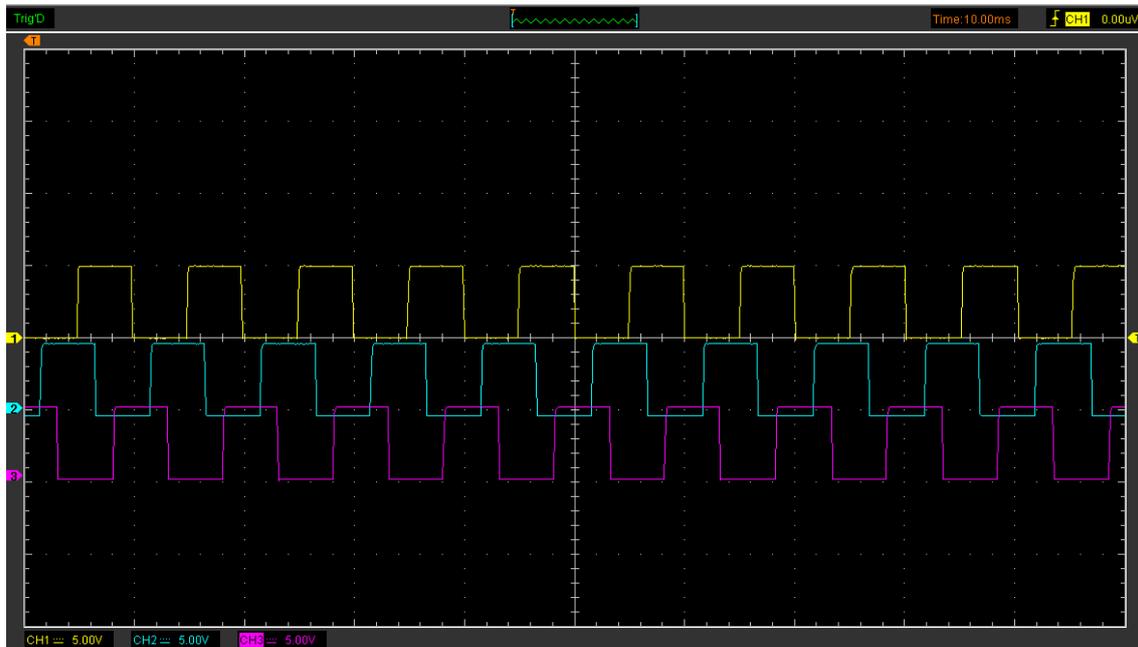


Nota. Se muestran las señales de los sensores de efecto Hall del motor cuando se encuentra detenido.

Utilizando la misma escala, se colocó en primera velocidad al prototipo y se aceleró al máximo para poder observar el accionamiento y la desactivación de los sensores Hall dependiendo de la posición del rotor.

Figura 46

Señal de los sensores Hall en primera velocidad

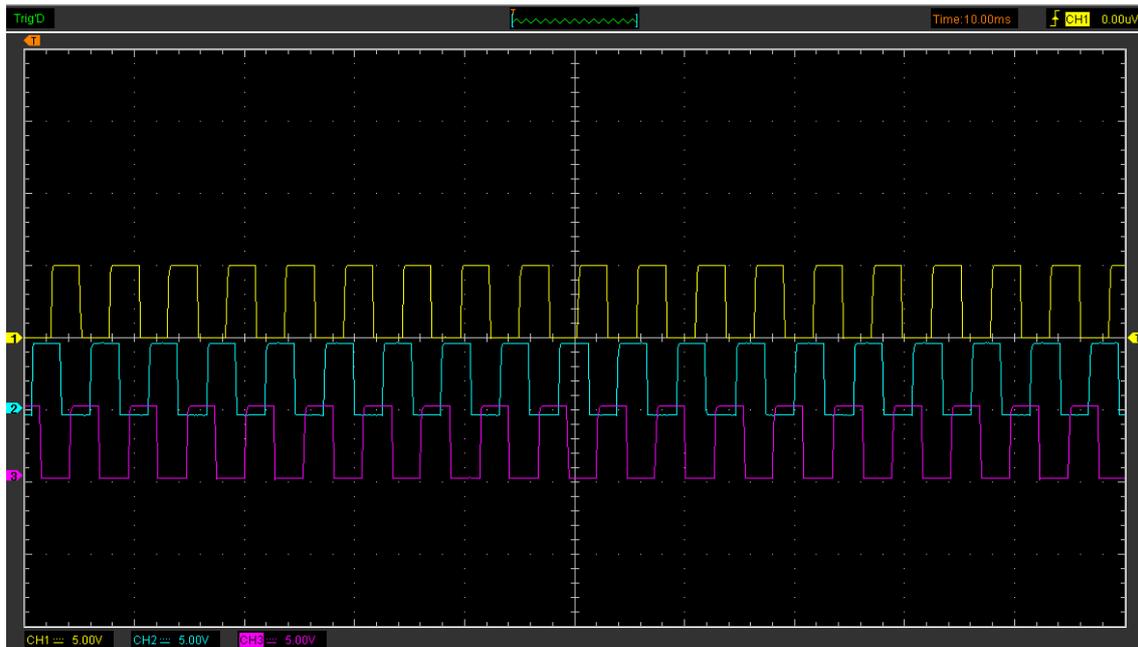


Nota. Se observan las señales de los sensores de efecto Hall del motor cuando se encuentra funcionando en primera velocidad.

Al colocar el vehículo eléctrico en segunda velocidad, el osciloscopio mostró una señal diferente producto de la aceleración del tricar, activando y desactivando los sensores en un lapso de tiempo menor.

Figura 47

Señal de los sensores Hall en segunda velocidad

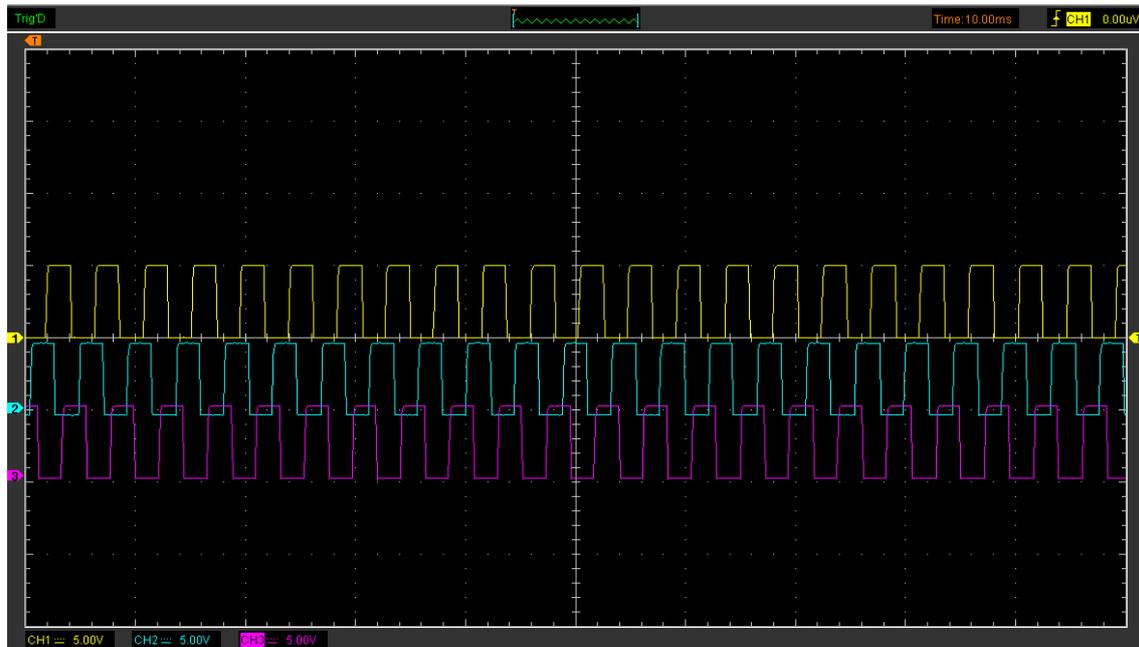


Nota. Se distinguen las señales de los sensores de efecto Hall del motor cuando se encuentra funcionando en segunda velocidad.

Al accionar la tercera velocidad para accionar los motores, nuevamente se observó una variación en la señal de los sensores que mostraba el osciloscopio, reduciéndose aún más el lapso de tiempo en el cual estos variaban su tensión.

Figura 48

Señal de los sensores Hall en tercera velocidad



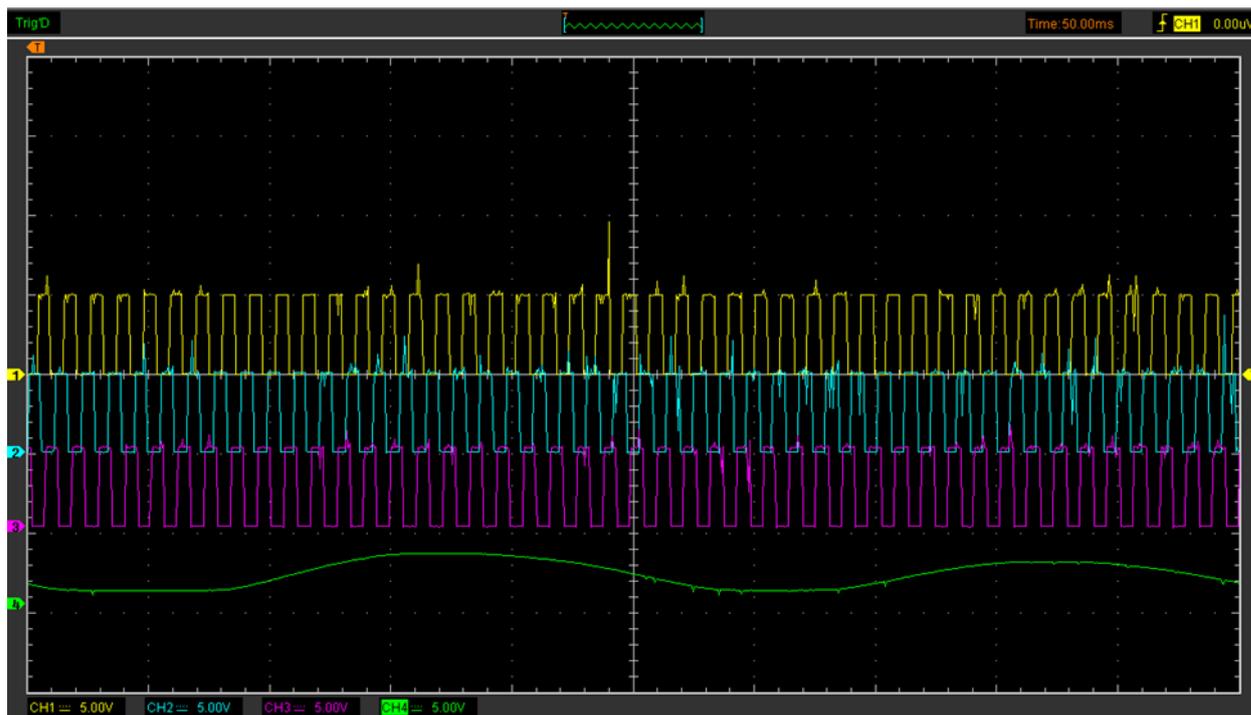
Nota. Se visualizan las señales de los sensores de efecto Hall del motor cuando se encuentra funcionando en tercera velocidad.

Al aumentar la velocidad de giro del motor, la gráfica que evidencia el funcionamiento de los sensores cambió, debido a que estos dependen directamente de la posición del rotor para variar su tensión de señal.

Se comparó la señal de los sensores que se obtiene en tercera velocidad, con la señal que emite el acelerador. Se cambió la escala de tiempo a 50ms para poder observar la gráfica que describe una manipulación brusca del acelerador.

Figura 49

Señal de los sensores Hall del acelerador



Nota. Se observan las señales de los sensores de efecto Hall del motor y del acelerador.

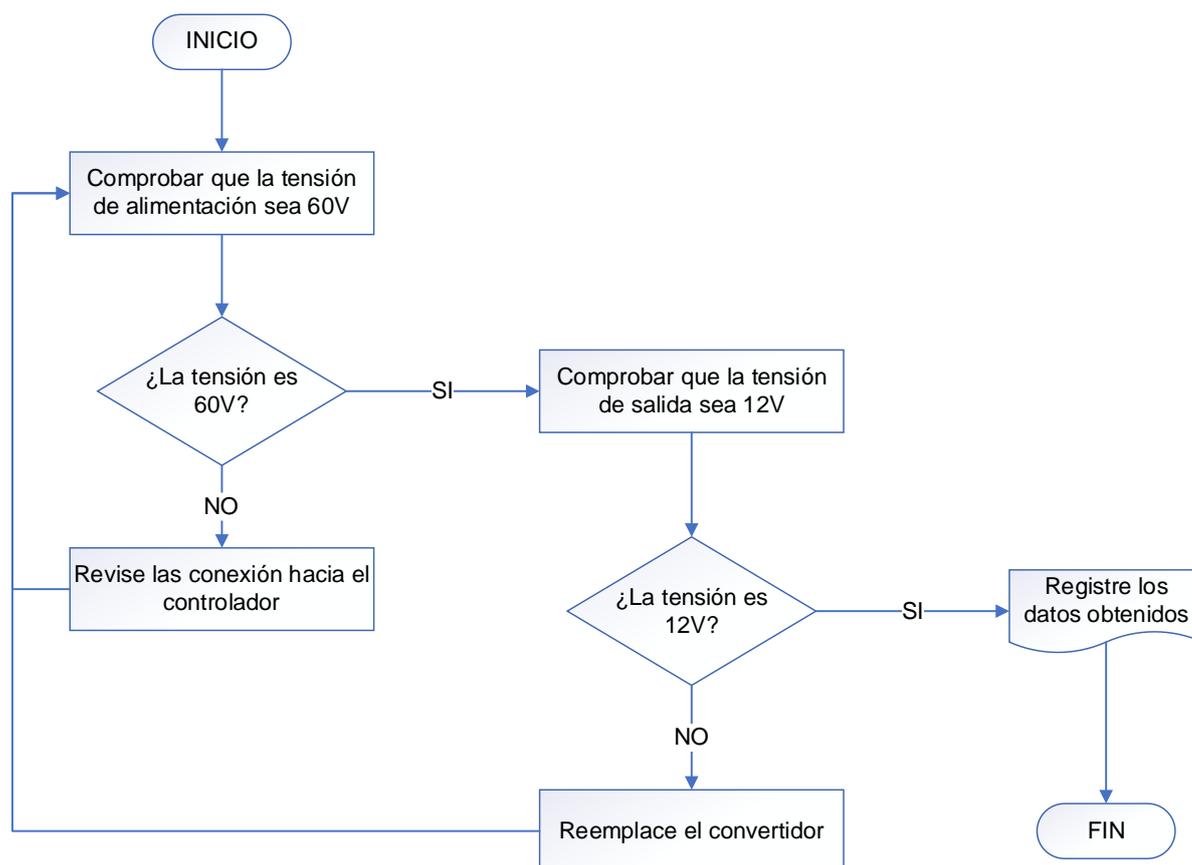
La gráfica que mostró el canal número cuatro, describió la variación de tensión de señal del sensor de efecto hall del acelerador, mientras que las gráficas de los sensores del motor no mostraron un cambio evidente por la manera en la que se aceleró y la escala en la que se configuró el osciloscopio.

Convertidor DC/DC

El convertidor se conecta a una toma de 60V del controlador y transforma esa tensión a 12V lo que permitió instalar el sistema de luces y accesorios del prototipo que son el complemento del sistema eléctrico.

Figura 50

Diagrama de flujo del funcionamiento del convertidor DC/DC



Nota. Se muestra el proceso que se realizó para comprobar el funcionamiento del convertidor DC/DC.

Si el convertidor DC/DC se encuentra defectuoso o las conexiones no son las correctas, el sistema de alumbrado dejará de funcionar, lo que representa un riesgo en condiciones de poca luz y en carretera.

Tabla 24

Comprobación del correcto funcionamiento del convertidor DC/DC

COMPONENTE	CONDICIÓN	TENSIÓN NOMINAL	TENSIÓN MEDIDA
convertidor DC/DC	Tensión de alimentación	60V	62V

COMPONENTE	CONDICIÓN	TENSIÓN NOMINAL	TENSIÓN MEDIDA
	Tensión de salida	12V	12.5V

Nota. Se describen los resultados que se obtuvieron al comprobar el funcionamiento del convertidor DC/DC.

La tensión de alimentación del convertidor es de 60V, la tensión medida es de 62V, que corresponde a la carga de las baterías en ese instante, por lo que se puede afirmar que la conexión desde el controlador es la correcta. Por otra parte, la tensión de salida es de 12.5V, por lo que se comprueba que el convertidor se encuentra en perfectas condiciones y puede alimentar al sistema de alumbrado.

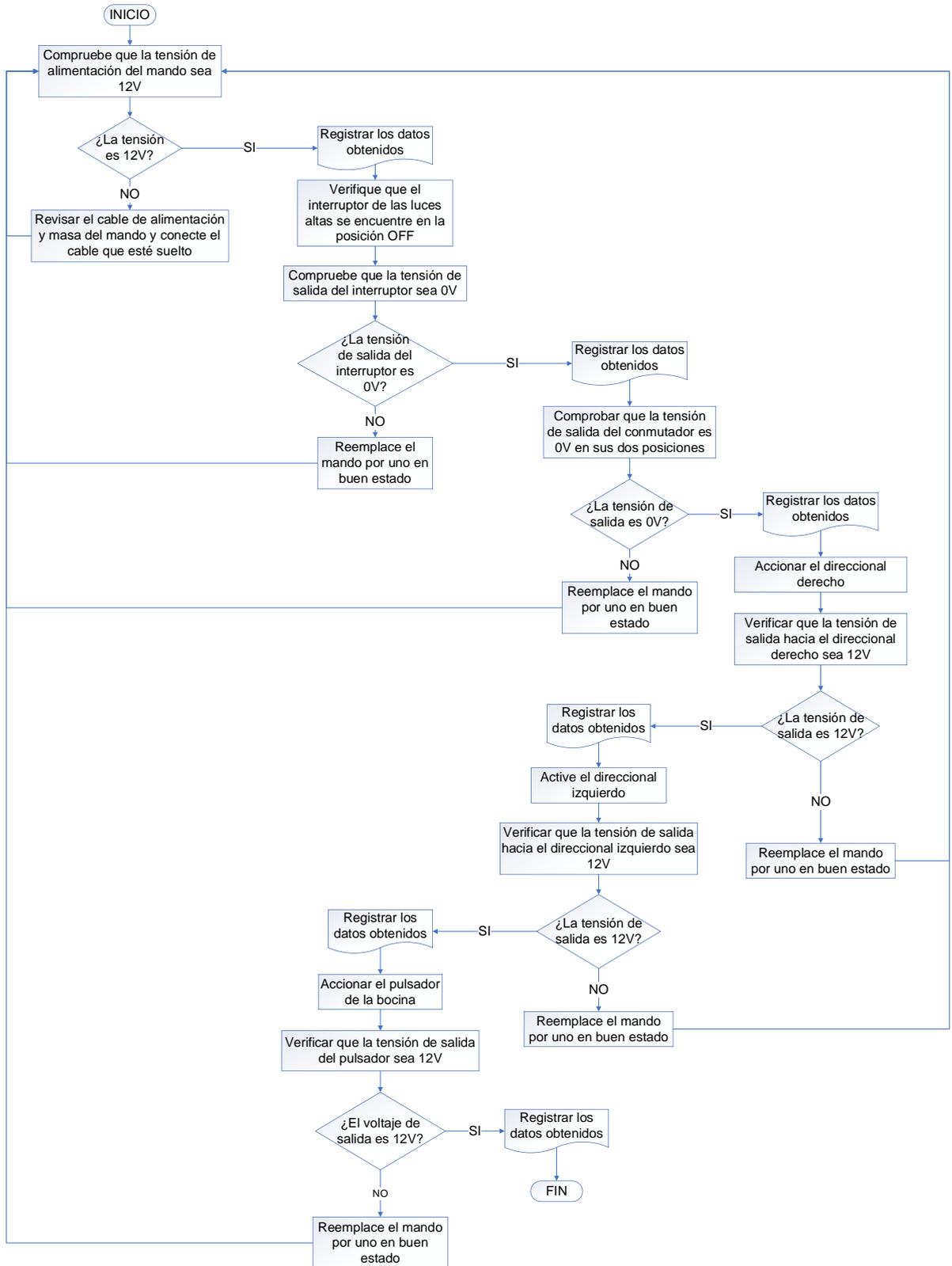
Mando número 2

Los accesorios que se implementaron en el prototipo vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW son controlados por el mando número 2, por tanto, una correcta instalación del mismo permitió un funcionamiento adecuado de luces, direccionales y bocina.

Figura 51

Diagrama de flujo para la comprobación del correcto funcionamiento del mando número 2

2



Nota. Se describen las actividades que se realizó para comprobar el funcionamiento del mando 2.

La tensión con la que se alimenta el mando número 2 es la que entrega en convertidor DC/DC, cuyo valor es de 12V. Para comprobar que el funcionamiento sea el adecuado se midió la tensión en cada interruptor de accionamiento que posee el mando en sus dos posiciones.

Tabla 25

Comprobación del correcto funcionamiento del mando número 2

COMPONENTE DEL MANDO	CONDICIÓN	TENSIÓN NOMINAL	TENSIÓN MEDIDA
Interruptor de luces altas	En posición OFF	0V	0V
	En posición ON	12V	12.5V
Conmutador (direccional derecho)	En posición OFF	0V	0V
	En posición ON	12V	12.5V
Conmutador (direccional izquierdo)	En posición OFF	0V	0V
	En posición ON	12V	12.5V
Pulsador de la bocina	En posición OFF	0V	0V
	En posición ON	12V	12.5V

Nota. Se muestran los resultados que se obtuvieron al comprobar el funcionamiento del del mando 2 usando el diagrama de flujo.

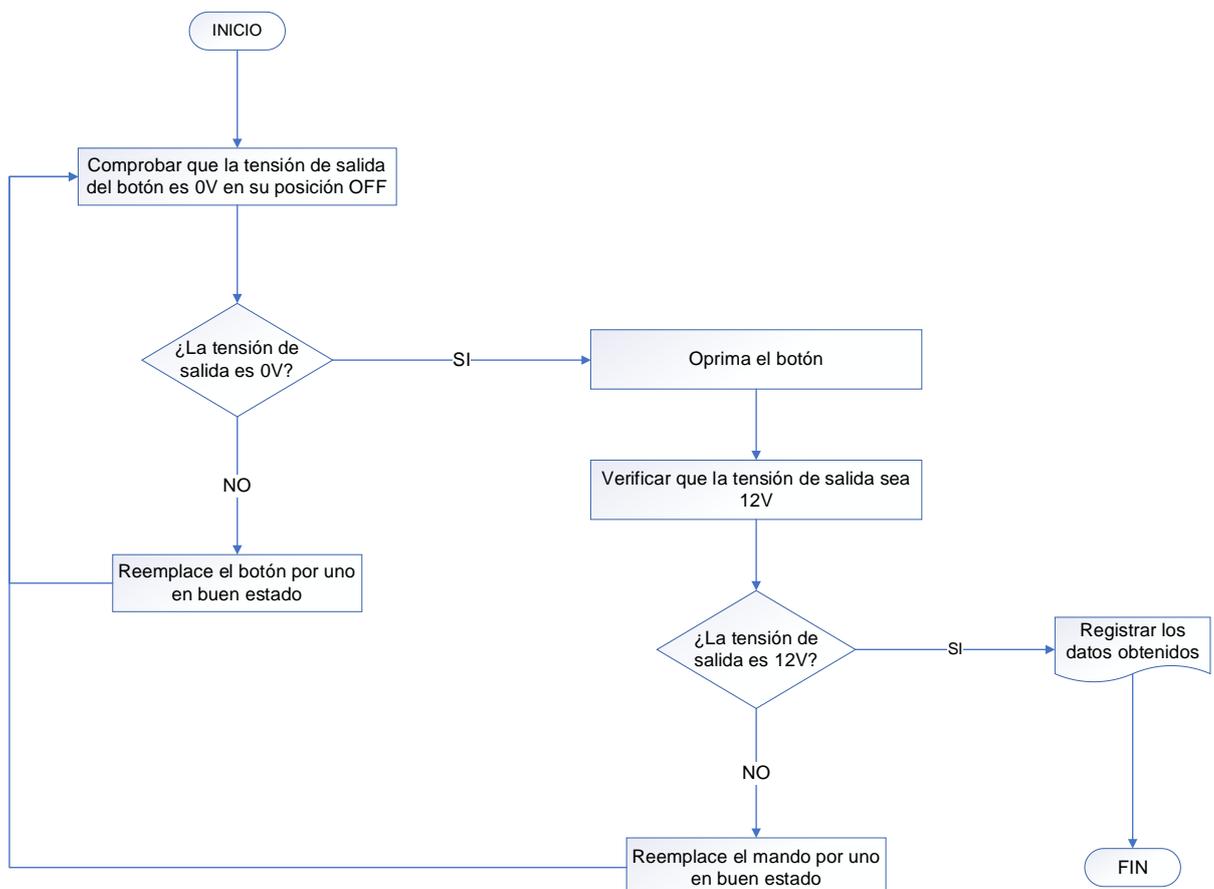
La tensión de alimentación del mando es cercana a la que se obtuvo, se comprobó que el interruptor, conmutador y pulsador funcionan de manera adecuada, por tanto, las luces, direccionales y la bocina se accionaron conforme a lo esperado.

Luces de estacionamiento

En el mando número 2 se pueden accionar los direccionales, sin embargo, no posee un interruptor que permita el accionamiento de las luces de estacionamiento. El botón que permite realizar esta acción se alimenta con la tensión de salida del convertidor y es esta tensión la que servirá como parámetro para determinar el funcionamiento de este accesorio.

Figura 52

Diagrama de flujo para la comprobación del correcto funcionamiento de las luces de estacionamiento



Nota. Se describen las actividades que se realizó para comprobar el funcionamiento del mando 2.

Para poder medir la tensión después de accionar el botón, se desconectó el relé, de esta manera, se obtuvo una tensión constante hasta volver a pulsar el botón que nos permitió registrar el valor mostrado en el multímetro.

Tabla 26

Comprobación del correcto funcionamiento del botón de las luces de estacionamiento

COMPONENTE	CONDICIÓN	TENSIÓN DE ALIMENTACIÓN	TENSIÓN MEDIDA
Botón de las luces de estacionamiento	Botón en la posición OFF	12V	0V
	Botón en la posición ON	12V	12.5V

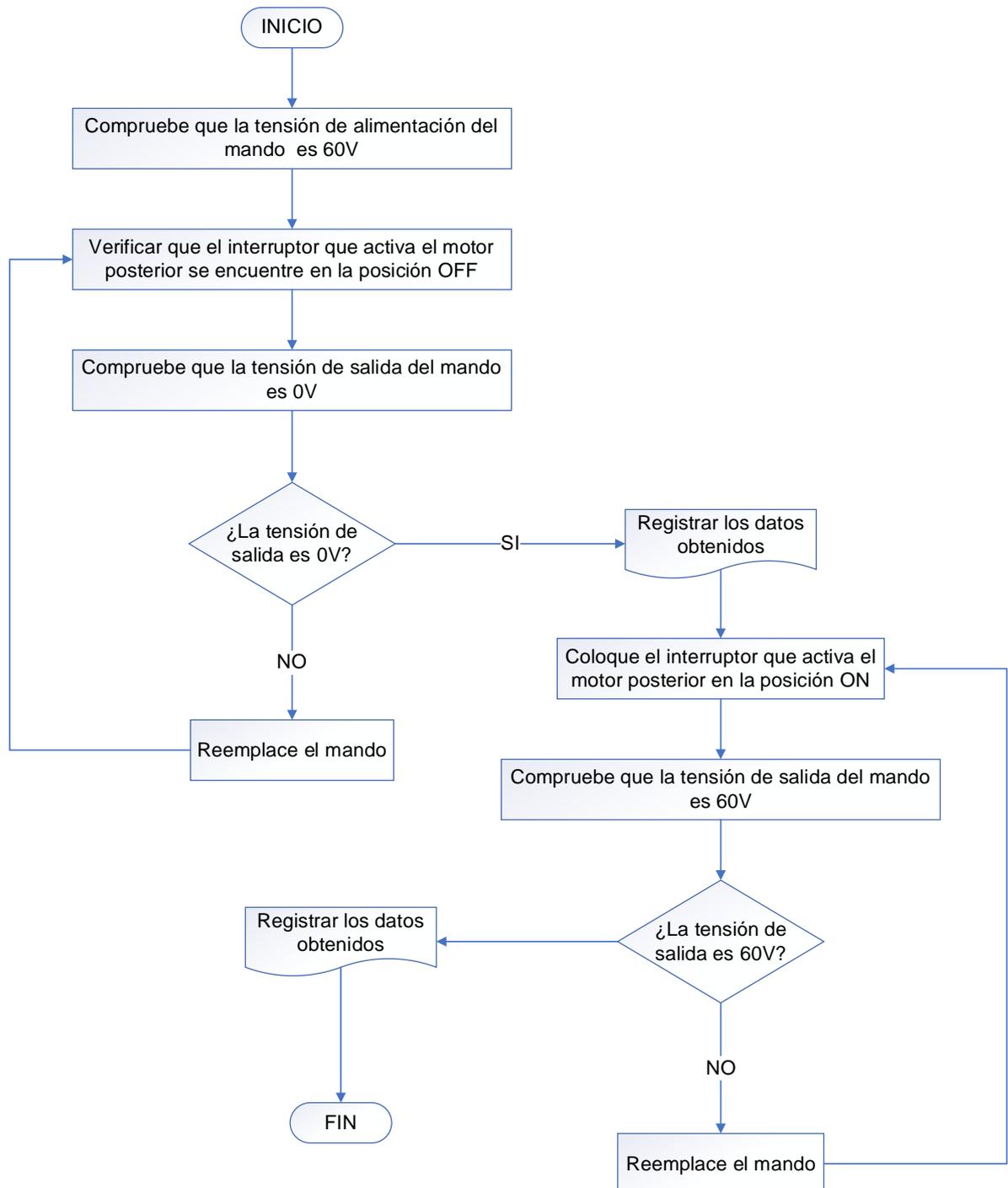
Nota. Se describen los resultados que se obtuvieron al comprobar el funcionamiento del botón de las luces de estacionamiento.

La tensión de salida del botón varía dependiendo de la posición en la que se encuentre, estos valores registrados nos permitieron determinar que el botón se encuentra en buen estado y, por tanto, que las luces de estacionamiento se accionan.

Mando número 3

La tracción posterior se activa por medio de un interruptor que se alimenta con 60V, esta tensión se debe tomar como referencia para comprobar el funcionamiento de este accesorio al obtener la tensión de salida del interruptor.

Figura 53 Diagrama de flujo para la comprobación del correcto funcionamiento del mando número 3



Nota. Se detalla las actividades que se realizaron para comprobar el funcionamiento del mando 3.

Los valores de tensión que se obtuvieron al realizar la prueba nos permitieron analizar el funcionamiento del dispositivo y de esta forma se pudo determinar en qué estado se encontraba al instante de realizar las actividades previamente establecidas.

Tabla 27

Comprobación del correcto funcionamiento del mando número 3

COMPONENTE	CONDICIÓN	TENSIÓN DE ALIMENTACIÓN	TENSIÓN MEDIDA
	Tensión de alimentación	60V	62V
Interrupor de tracción posterior	Tensión de salida en posición OFF	60V	0V
	Tensión de salida en posición ON	60V	62V

Nota. Se describen los resultados que se obtuvieron al comprobar el funcionamiento del mando 3 usando el diagrama de flujo.

Se comprobó que las conexiones eléctricas entre en el mando destinado para la tracción posterior y el controlador se realizaron de manera adecuada, cuyo resultado es evidente con la activación del motor posterior al activar el interruptor.

Prueba de carga de las baterías

Para la prueba de carga del batería se tomó en cuenta que las baterías se encuentren completamente descargadas para posterior realizar la respectiva carga de las mismas.

Tabla 28

Valores de carga de batería en función del tiempo

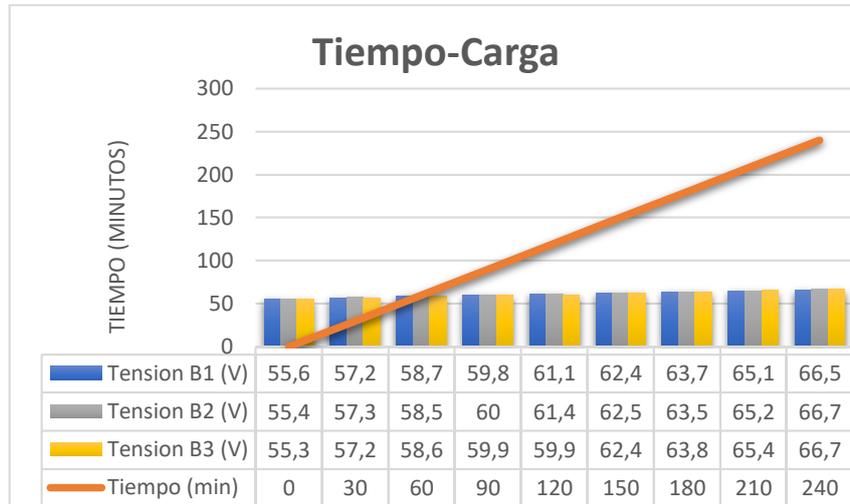
Tiempo (min)	Tensión batería 1 (V)	Tensión batería 2 (V)	Tensión batería 3 (V)
0	55,6	55,4	54,8
30	57,2	57,3	57,2
60	58,7	58,5	58,6
90	59,8	60	59,9
120	61,1	61,4	59,9
150	62,4	62,5	62,4
180	63,7	63,5	63,8
210	65,1	65,2	65,4
240	66,5	66,7	66,7

Nota. Se observa los datos obtenidos en la prueba de carga realizada en las 3 baterías hasta que le indicador carga completa del cargador se encienda.

Con los datos obtenidos de las pruebas de carga de las baterías y para entender de mejor manera y con el fin de realizar un análisis se tiene el siguiente diagrama de barras.

Figura 54

Diagrama de tiempo – carga de las baterías



Nota. En el diagrama de barras se denota que tiempo de carga de las baterías hasta llegar a su tensión de carga completa.

La gráfica mostro que la tensión de las baterías del vehículo eléctrico logró su carga completa en un tiempo de 4 horas, alcanzando voltajes de 66,5, 66,7 y 66,7 para la batería B1,B2 Y B3 respectivamente.

Capítulo V

Marco administrativo

Recursos

Para la ejecución del presente proyecto denominado “dimensionamiento e implementación del sistema de tracción BEV del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW” fue necesario emplear recursos humanos, tecnológicos y recursos materiales.

Recursos humanos

El personal humano es fundamental en el desarrollo del proyecto, pues este aporta con el conocimiento y experiencias con el propósito de llegar alcanzar satisfactoriamente los objetivos planteados.

Tabla 29

Recursos humanos

Ord.	Nombre	Cantidad	Función
1	Sr. Beltrán Cisneros, Alex Rodrigo	1	Investigador
2	Sr. Díaz Vera Gabriel Alexander	1	Investigador Especialista en Sistemas BEV
3	Ing. Leonidas Antonio Quiroz Erazo	1	Director del trabajo de Titulación Investigador

Nota. Se expone las personas que participaron en el proceso del desarrollo del proyecto.

Recursos tecnológicos

En el transcurso del desarrollo del proyecto se requirió la utilización de herramientas tecnológicas que se detallan en la siguiente tabla 24.

Tabla 30

Descripción de recursos tecnológicos.

Ord.	Equipo	Descripción
1.	Computadora	Maquina utilizada para la búsqueda y realización del proyecto.
2.	Software de simulación de circuitos	Software empleado para llevar a cabo simulaciones del circuito eléctrico del proyecto.
3.	Equipos de medición electrónica	Equipo empleado para ejecutar mediciones y comprobaciones del sistema de tracción.

Nota. Se exponen de manera minuciosa los recursos tecnológicos utilizados en el periodo de duración del proyecto.

Recursos materiales

Los recursos materiales destinados para la ejecución del proyecto se muestran junto a la cantidad utilizada y su costo de adquisición.

Tabla 31

Recursos materiales

Ord.	Cant.	Detalle	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
1.	3	Kit de tracción eléctrico BEV	\$600,00	\$1.800,00
2.	1	Accesorios eléctricos	\$100,00	\$100,00
3.	1	Imprevistos	\$100,00	\$100,00
TOTAL				\$2.000,00

Nota. Se detallan los recursos materiales primordiales para el desarrollo del dimensionamiento e implementación del sistema de tracción del vehículo eléctrico.

Capítulo VI

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

Se dimensionó el sistema de tracción eléctrica para el prototipo L2 CMDR RICKSHAW obteniendo las características necesarias que deben tener los componentes que lo conforman, tales como, el motor de tracción eléctrico, electrónica de potencia y controles, además de, la seguridad eléctrica a razón de la normativa ISO.

Se diseñó el sistema eléctrico del prototipo L2 CMDR RICKSHAW de forma independiente para cada motor, de tal forma que se asegura que los componentes que lo conforman no sufrirán daños debido a sobrecargas de corriente las mismas que ocasionan que la temperatura de los componentes se eleve drásticamente.

Se seleccionó el sistema de control electrónico del prototipo de acuerdo a las especificaciones técnicas que presentan los motores y las baterías para el sistema de tracción BEV que se implementó en el vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW.

Se implementó en el bastidor del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW los componentes que conforman el sistema de propulsión eléctrica considerando la geometría de cada elemento y ubicándole de una manera estratégica, dotando al prototipo con una tracción en las tres ruedas.

Se implementó un circuito que permite recargar las baterías sin tener que desmontarlas usando un cargador portátil el cual puede conectarse a la red doméstica y mediante el uso de un convertidor AC-DC suministrar la energía al prototipo a través de los conectores ubicados sobre el carenado.

Se incluyó un convertidor DC/DC en el circuito eléctrico para transformar la tensión de 60 voltios que proporciona el controlador a 12 voltios necesarios para la

instalación del sistema de alumbrado y accesorios que incorpora el vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW.

Se realizó una comparación entre la potencia nominal calculada y la medida en el dinamómetro obteniendo que el vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW cuenta con una eficiencia del 84.61% lo cual garantiza el correcto funcionamiento del prototipo.

Se realizó una comparación entre el torque nominal y la medida en el dinamómetro obteniendo que el vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW cuenta con una eficiencia del 86.08% lo cual garantiza que el prototipo no tendrá dificultades de funcionamiento.

Recomendaciones

Se debe prestar atención a los indicadores nivel de carga de cada batería incorporados en el vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW para evitar que las baterías se descarguen por completo y prolongar su vida útil.

Previo a la activación de la reversa es recomendable esperar a que el vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW se detenga por completo para prevenir un daño prematuro en los bobinados del motor.

La potencia que entrega los motores delanteros es suficiente para circular en vías de primer y segundo orden, por lo que, se recomienda el uso de la tracción en las tres ruedas solo en terrenos con pendientes pronunciadas y en caminos de tercer orden.

En el caso de presentar inconvenientes con el vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW que pongan en riesgo su integridad, colocar el interruptor de seguridad en la posición OFF para desconectar las baterías del resto del circuito y el prototipo disminuya su velocidad hasta detenerse.

Si se desea reemplazar las baterías del vehículo eléctrico, se recomienda colocar unas que cuenten con las mismas características de las existentes, el único parámetro que es aceptable que varíe es el consumo que viene dado en A/h.

Bibliografía

- AEADE. (2019). El Gobierno Concentra medidas de tributación. *Asociación de empresas automotrices del Ecuador* , 58.
- Aznar, A. S. (2017). *NUEVO USO PARA GASOLINERAS TRADICIONALES: "Electrolíneas para escúteres en Barcelona"*.
- Chapman, S. J. (2012). *MÁQUINAS ELÉCTRICAS*. México: McGRAW-HILL.
- Condumex, S. (2009). *Manual técnico de instalaciones eléctricas de baja tensión*. México: Condumex.
- Díez Gonzáles, P. (2019). *PRINCIPIOS BÁSICOS DEL VEHICULO*. Valladolid.
- Floyd, T. L. (2007). *Principios de circuitos eléctricos*. México : PEARSON EDUCACIÓN.
- Hoffmann, C. (2004). *Manual de motores eléctricos WEG*. WEG MOTORES LTDA: Jaraguá.
- Marín, J. A., & Doblado, O. B. (2017). *Vehículos eléctricos e híbridos*. Llanera , Astuñas: Ediciones Paraninfo .
- MÁRQUES, L. (2008). METODOLOGÍA PARA CÁLCULO RÁPIDO DAS DIMENSÕES DE PNEUS DE TRATORES AGRÍCOLAS . *ARTIGO TÉCNICO*, 593.
- Montecelos, J. T. (2019). *Vehículos eléctricos*. Madrid: Paraninfo, SA.
- VILLAMIZAR, E. F., & RODRÍGUEZ, R. S. (2010). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRÁCTICAS EN MOTORES ELÉCTRICOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRÁCTICAS EN MOTORES ELÉCTRICOS, COMO APOYO A LA ASIGNATURA DISEÑO DE MÁQUINAS II*. BUCARAMANGA: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.
- Viloria, J. R. (2005). *Motores eléctricos, Automatismo de Control*. Madrid: Paraninfo.

WILDI, T. (2007). *MÁQUINAS ELÉCTRICAS Y SISTEMAS DE POTENCIA*. México:
PEARSON EDUCACIÓN .

Anexos