



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Reprogramación del sistema de control de potencia de un prototipo de vehículo de competición formula SAE eléctrico para la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

Criollo Iza, Luis Kevin y Satuquina Ramirez, Franklin Javier

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del Título de Tecnólogo en Mecánica Automotriz

Ing. Arias Pérez, Ángel Xavier

21 de agosto del 2023

Latacunga

Reporte de verificación de contenido



TRABAJO INTEGRACIÓN CURRICULAR...

Scan details

Scan time:
August 21th, 2023 at 16:30 UTC

Total Pages:
32

Total Words:
7852

Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
● Identical	2.2%	175
● Minor Changes	2.6%	203
● Paraphrased	3%	232
○ Omitted Words	0%	0

AI Content Detection



Text coverage
● AI text
○ Human text

Ing. Arias Pérez, Ángel Xavier

Director

C.C.: 050345481-1



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

Certificación

Certifico que el Trabajo de Integración Curricular: **“Reprogramación del sistema de control y potencia de un prototipo de vehículo de competición formula SAE eléctrico para la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE ”** fue realizado por los señores **Criollo Iza, Luis Kevin y Satuquina Ramirez, Franklin Javier**, la misma que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, agosto del 2023

Ing. Arias Pérez, Ángel Xavier

Director

C.C.: 050345481-1



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

Responsabilidad de autoría

Nosotros, **Criollo Iza, Luis Kevin**, con cédula de ciudadanía n°055042280-2, y **Satuquinga Ramirez, Franklin Javier**, con cédula de ciudadanía n°055044555-5, declaramos que el contenido, ideas y criterios del Trabajo de Integración Curricular: **Reprogramación del sistema de control y potencia de un prototipo de vehículo de competición formula SAE eléctrico para la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE** es de autoría nuestra 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, agosto del 2023

Criollo Iza, Luis Kevin

C.C.: 055042280-2

Satuquinga Ramirez, Franklin Javier

C.C.: 055044555-5



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

Autorización de publicación

Nosotros, **Criollo Iza, Luis Kevin** , con cédula de ciudadanía n°055042280-2 , y **Satuquina Ramirez, Franklin Javier**, con cédula de ciudadanía n°055044555-5, autores del Trabajo de Integración Curricular: **Reprogramación del sistema de control y potencia de un prototipo de vehículo de competición formula SAE eléctrico para la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE** autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en el Repositorio Institucional: el registro bibliográfico, el resumen y la dirección web indexada en la revista

Latacunga, agosto del 2023

Criollo Iza, Luis Kevin

C.C.: 055042280-2

Satuquina Ramirez, Franklin Javier

C.C.: 055044555-5

Dedicatoria

Cuando ingrese por primera vez a la universidad y aun mejor a la carrera que siempre anhele estudiar nunca pensé que este camino iba ser tan divertido y emocionante, en donde viví muchas emociones y por qué no algunas “frustraciones”, pero siempre es bien sabido que con dedicación e inspiración siempre se puede lograr cualquier sueño, y gracias a todas las enseñanzas que me brindaron a lo largo de mi educación universitaria, voy a alcanzar una meta que siempre quise cumplir.

Por esa razón esta dedicatoria va dirigida en especial a mi familia, a mis hermanos y mis padres que desde siempre me ayudaron a conseguir la meta que me propuse, por eso quiero dedicarle unas palabras, mi madre que desde pequeño me enseñó lo importante que son los valores y los principios que debe tener una persona quien supo también corregirme cuando veía que el camino que seguía no era el correcto, mi padre que me enseñó el respeto siempre, y tratar a los demás con amabilidad y empatía y quien me ayudo a ser fuerte cuando las cosas no salían bien, mis hermanos que de corazón agradezco por estar siempre a mi lado, compartiendo risas, apoyándonos en momentos difíciles.

Criollo Iza Luis Kevin

Agradecimiento

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todos quienes han sido parte fundamental para lograr conseguir mi sueño de ser mecánico automotriz. Este logro no hubiera sido posible sin el apoyo incondicional de mi familia, quienes han sido mi mayor motivación y sostén a lo largo de esta travesía.

También quiero agradecer a mis profesores y mentores, cuya dedicación y conocimiento han sido la brújula que me guio a lo largo de mis estudios. Sus enseñanzas han sido fundamentales para adquirir las habilidades y el conocimiento necesarios en este campo.

Mis amigos merecen una mención especial por estar a mi lado durante las noches de estudio, las discusiones académicas y los momentos de celebración. Su compañía ha hecho que esta experiencia sea inolvidable.

Finalmente, quiero agradecer a mí mismo por la perseverancia y el esfuerzo constante que he puesto en cada paso de este viaje educativo. Mirar hacia atrás y ver todo el camino recorrido me llena de orgullo y gratitud.

Este logro marca el comienzo de un nuevo capítulo en mi vida, y estoy emocionado por las oportunidades que el futuro tiene reservadas para mí en el campo de la Mecánica Automotriz. Una vez más, gracias a todos por ser parte de este importante logro en mi vida.

Criollo Iza Luis Kevin

Dedicatoria

El proyecto realizado se lo dedico a mi señora madre, Blanca Satuquinga quien desde pequeño me ha educado con todo su amor en base a sus valores y principios, a mi Abuelito, Manuel Satuquinga y a mi Tío Héctor Satuquinga por ser parte de una de mis enseñanzas en mi proceso de estudios, regalándome su tiempo y el apoyo necesario para poder seguir delante cada día. A mi madre por todo el sacrificio que ha realizado para poder llegar a estas instancias y el apoyo incondicional que me ha brindado y lo que un día mi madre sembró ahora lo cosechara.

También dedicar este trabajo de manera especial a mis padrinos por apoyarme moralmente y a enseñarme a no rendirme en los momentos difíciles, a pesar de las adversidades, estuvieron apoyándome y aconsejándome para poder salir adelante y a seguir continuando con mis estudios.

Y finalmente, agradecer a toda mi familia y a amigos quienes fueron los que me brindaron todo su apoyo y consejos para poder salir adelante, y mantener en mi mente que rendirse jamás será una opción.

Satuquinga Ramirez Franklin Javier

Agradecimiento

Dar gracias a Dios por la oportunidad de alcanzar este logro y por ser el quien ha guiado mi vida y ha mantenido a mi familia con salud y vida.

Por qué no agradecer a mis profesores quienes me impartieron todos sus conocimientos en el aula de clase. Sus enseñanzas han sido muy fundamentales para adquirir más conocimientos necesarios en este arte de la Mecánica Automotriz.

Agradecer a mi madre quien ha sido el eje primordial en mi vida, que, gracias a sus enseñanzas y a su educación, el trabajo y el esfuerzo de ella no fue en vano, gracias a su motivación y todos sus consejos me han ayudado a dar lo mejor de mí.

También agradecer a mis compañeros por los momentos a menos que hemos pasado quienes han sido un gran equipo de trabajo a pesar de las dificultades y las diferencias hemos luchando y hemos podido salir adelante.

Este logro indica el comienzo de una nueva historia de vida en mi futuro y en el campo laboral donde aplicare conocimientos adquiridos gracias a mis maestros.

Satuquinga Ramirez Franklin Javier

ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula.....	1
Reporte de verificación de contenido.....	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	13
Índice de tablas.....	15
Resumen.....	16
Abstract	17
Capítulo I: Anteproyecto.....	18
Antecedentes	18
Planteamiento de Problema	19
Justificación.....	21
Objetivos	21
<i>General.....</i>	<i>21</i>
<i>Específicos.....</i>	<i>21</i>
Alcance	22

	11
Capítulo II: Marco Teórico	23
Fuentes de energía de propulsión	23
Tren de potencia.....	24
<i>Componentes del Tren de potencia</i>	<i>25</i>
Motores Eléctricos	26
<i>Componentes del motor eléctrico.....</i>	<i>27</i>
Controladores	31
<i>Controladores PCM.....</i>	<i>31</i>
Diseño de software	32
Sistema BMS.....	33
<i>Funciones del BMS</i>	<i>34</i>
<i>Tipos de Bms</i>	<i>35</i>
<i>Diagrama de estados del Bms.....</i>	<i>35</i>
Convertor de potencia	36
Lenguaje de programación	37
Matlab	38
Capítulo III: Reprogramación del sistema de control de potencia	39
Controlador	39
Identificación del controlador vector 500 series del formula SAEA y su sistema de conexión eléctrica.	40
<i>Desconexión del sistema eléctrico del controlador.....</i>	<i>40</i>
<i>Desmontaje del controlador vector 500 series</i>	<i>42</i>
<i>Instalación de base para montar el controlador.....</i>	<i>42</i>

	12
<i>Instalación del controlador</i>	43
<i>Diagrama de conexiones</i>	43
Simulación Del Circuito del Tren de Potencia SAE	44
Funcionamiento	45
<i>Potencia mecánica</i>	46
<i>Autonomía de la batería con ciclo de conducción Ftp75</i>	47
<i>Autonomía del motor electrico</i>	47
Conexión del programa con el computador mediante USB	49
<i>Reprogramación</i>	49
Capítulo IV: Pruebas De Funcionamiento del Sistema de Potencia	52
Pruebas de Protocolo	52
Trazo de ruta	53
Pruebas de potencia	54
Pruebas de Velocidad	54
Estado de los compontes del sistema de potencia	55
Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones	57
Conclusiones	57
Recomendaciones	58
Bibliografía	59
Anexos	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Ejemplo de fuentes de propulsión Combustible vs Electricidad</i>	23
Figura 2 <i>Ejemplo de tren de potencia</i>	25
Figura 3 <i>Esquema de tren de potencia</i>	26
Figura 4 <i>Motor Eléctrico</i>	26
Figura 5 <i>Componentes del motor eléctrico</i>	27
Figura 6 <i>Estató</i>	28
Figura 7 <i>Rotor</i>	28
Figura 8 <i>Conmutador del motor eléctrico</i>	29
Figura 9 <i>Escobillas del motor eléctrico</i>	30
Figura 10 <i>Bobinado del motor eléctrico</i>	30
Figura 11 <i>Controlador electrónico</i>	31
Figura 12 <i>PCM (módulo de control del tren motriz)</i>	32
Figura 13 <i>BMS</i>	34
Figura 14 <i>Máquina de estado del Bms</i>	36
Figura 15 <i>Comando / Instrucciones De Reprogramación</i>	37
Figura 16 <i>Controlador Vector 500 Series Brushless 10Kw</i>	39
Figura 17 <i>Identificación del controlador y cables de conexión</i>	40
Figura 18 <i>Desconexión del sistema eléctrico</i>	41
Figura 19 <i>Desconexión de cables del motor eléctrico</i>	41
Figura 20 <i>Desmontaje Del Controlador</i>	42
Figura 21 <i>Base para el Controlador</i>	43
Figura 22 <i>Controlador Instalado</i>	43
Figura 23 <i>Diagrama de conexión</i>	44
Figura 24 <i>Simulación de Circuito de Tren de Potencia</i>	45
Figura 25 <i>Funcionamiento De la simulación</i>	46
Figura 26 <i>Parámetros Potencia Mecánica</i>	46

Figura 27 <i>Curva Característica De Carga de Batería</i>	47
Figura 28 <i>Simulación Autonomía del Motor Eléctrico</i>	48
Figura 29 <i>Conexión del Controlador Mediante USB</i>	49
Figura 30 <i>Datos Generales Para Modificación</i>	50
Figura 31 <i>Reprogramación del Controlador</i>	51
Figura 32 <i>Pruebas de protocolo del fórmula SAE eléctrico</i>	52
Figura 33 <i>Trazo de la Ruta para Pruebas</i>	53
Figura 34 <i>Control de velocidad y tiempo</i>	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Siglas de componentes del vehículo y sistemas de propulsión</i>	23
Tabla 2 <i>Funciones del BMS</i>	34
Tabla 3 <i>Tipos de Bms y funcionamiento</i>	35
Tabla 4 <i>Características del Controlador Vector 500 Series Brushless</i>	39
Tabla 5 <i>Resultados de pruebas de potencia</i>	54
Tabla 6 <i>Estado de los componentes</i>	55

Resumen

En el presente proyecto se realizó la reprogramación del sistema de control de potencia de un prototipo de vehículo de competición formula SAE eléctrico para la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE con el objetivo de aplicar todo lo aprendido durante toda la duración de la carrera, además de utilizar otras formas de energía que no contaminen o afecten al medio ambiente en este tipo de vehículos de competición el mismo que ha sido desarrollado en base a una investigación teórica de vehículos eléctricos, lo cual se aplico diferentes componentes que se encargan de controlar la potencia del formula SAE eléctrico como es el controlador Vector 500 series Brushless 10Kw. En la reprogramación del controlador se tiene como objetivo primordial incrementar la potencia del fórmula SAE eléctrico con el fin de conseguir una mejor eficiencia en su funcionamiento, la reprogramación tuvo como primer parámetro la reprogramación de los datos como: Voltaje nominal de la batería, valor de protección de alto voltaje, valor de salida de protección de alto voltaje, la corriente nominal de fase y el límite de corriente consumida por la batería. Por último, se realizaron las pruebas de funcionamiento.

Palabras clave: reprogramación de controlador, eficiencia de funcionamiento, voltaje nominal, alto voltaje, corriente nominal

Abstract

In this project, the reprogramming of the power control system of a prototype of an electric formula SAE competition vehicle for the career of Superior Technology in Automotive Mechanics of the University of the Armed Forces ESPE was carried out with the objective of applying everything learned throughout the duration of the career, In addition to using other forms of energy that do not pollute or affect the environment in this type of competition vehicles which has been developed based on a theoretical research of electric vehicles, which was applied different components that are responsible for controlling the power of the electric formula SAE as is the Vector 500 series Brushless 10Kw controller. In the reprogramming of the controller, the main objective is to increase the power of the electric formula SAE in order to achieve better efficiency in its operation, the reprogramming had as first parameter the reprogramming of data such as: Nominal voltage of the battery, high voltage protection value, high voltage protection output value, the nominal phase current and the current limit consumed by the battery. Finally, the operation tests were carried out.

Key words: controller reprogramming, operating efficiency, rated voltage, high voltage, rated current

Capítulo I

Anteproyecto

Antecedentes

Los coches eléctricos han estado de moda en los últimos años, pero se tiene que saber que son anteriores a los vehículos con motor de combustión interna. En el inicio de la historia de los coches eléctricos se dio por los siglos XIX.

El coche eléctrico es uno de los primeros y primordiales vehículos que se desarrollaron. De hecho, existieron muchos más vehículos eléctricos anteriores al motor de combustión de cuatro tiempos

En 1835 en los Países Bajos en la ciudad de Groninga un profesor llamado Sibrandus Stratingh diseño y construyó vehículos eléctricos a escala reducida con la ayuda de su asistente llamado Christopher Becker. Dando así a nuevas creaciones de vehículos eléctricos para competencia y uso personal.

La competencia Formula SAE eléctrico es un programa que fue creado por SAE Internacional, que lograron hacer un evento educativo de automovilismo deportivo y consistiendo en diseñar y concebir un vehículo monoplace con el mejor paquete global de diseño, fabricación, rendimiento y coste.

El Fórmula SAE es también conocida como Fórmula Student, es una competición que se realiza entre los estudiantes de diferentes universidades de todo el mundo que promoviendo así la alteza en la ingeniería a través de métodos competitivos donde los miembros del equipo se encargan de diseñar, construir, desarrollar y competir con un pequeño pero potente monoplace conocido, así como "Fórmula SAE Eléctrico".

De acuerdo con (Chuquiana, 2014) : en su trabajo de fin de grado "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL TREN MOTRIZ CON MOTOR ELÉCTRICO Y TRANSMISIÓN CVT, PARA UN VEHÍCULO BIPLAZA PLEGABLE", se ha podido

deducir a, el mismo que está conformado por un motor eléctrico y una transmisión CVT; para la propulsión es necesaria la energía eléctrica que se la utiliza para la disminución de las emisiones contaminantes y a su vez se toma en cuenta los parámetros de diseño de tren motriz teniendo en cuenta los parámetros pertinentes ,criterio de selección de motor eléctrico , controlador de baterías y mediante un análisis matemático y herramientas informáticas.

De acuerdo con (León García, 2015) en su trabajo de fin de grado “DISEÑO DE LA ADAPTACIÓN DE LA ELECTRÓNICA Y MOTORES PARA UN VEHÍCULO ELÉCTRICO DE LA FÓRMULA SAE, PARA LA ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE ALCALÁ”, se ha podido deducir que la parte más esencial del proyecto es la elección de los motores eléctricos de corriente continua, las cuales estos son incorporados a las ruedas del vehículo monoplaza disminuyendo así la pérdida de energía en la transmisión. A su vez se debe tomar en cuenta el tipo de baterías que se utilizaran y que cumplan con las necesidades del monoplaza (control y potencia).

Planteamiento de Problema

Unos de los problemas presentados en el Prototipo SAE es la falta de autonomía, hoy en la actualidad también influye la falta de conocimiento en sistemas de programación de módulos electrónicos y la falta de información en manuales , herramientas , softwares que sirvan para la reprogramación de estos tipos de prototipos que se vienen presentando hoy en la actualidad lo que ha dado protagonismo a factores negativos para los sistemas electrónicos y de los vehículos, tras ello se trata de dar solución a este problema investigando, en revistas, páginas web , artículos sobre cómo mejorar mediante la reprogramación de módulos la autonomía y potencia del SAE ELECTRICO y a su vez esto influiría como una ayuda al medio ambiente

Para dar solución a estos problemas por contaminación se ha dado solución a nuevas tecnologías como vehículos eléctricos

Los vehículos eléctricos es un gran paso hacia el futuro en los sistemas de movilidad sostenible. Su creación va poco a poco ya en aumento. La mejora en nuevas tecnologías de baterías permite recorrer mayores distancias sin la necesidad de recargar teniendo así una gran autonomía de duración.

En los sistemas de recarga es muy esencial para reducir las emisiones contaminantes y a su vez se obtiene, más potencia y más autonomía que permitirán acelerar la transición hacia la electrificación del transporte, reduciendo la dependencia y el uso de los combustibles fósiles. (Álvarez, 2022)

Según (Elvira Palacios Espinoza, 2014) La contaminación del aire en lugares urbanos es un problema de salud que afecta sobre todo a personas mayores que posiblemente tiene alguna enfermedad y niños ; la cual esta se asocia con: asma, irritación ocular, cefalea, enfermedades cardiovasculares, cáncer de pulmón por esta razón el Campo Automotriz lo ha ido tomando en cuenta esta situación para aplicar nuevas tecnologías que se están presentando y que permitan una alternativa más segura y más limpia permitiendo así lograr una disminución de la emisión de gases contaminantes para el medio ambiente , según (Vargas, 1995) menciona que por el escape del vehículo sale gases contaminantes que pueden afectar a la salud así como son el dióxido de carbono (CO_2), (monóxido de carbono CO) combustible que se quema debido a la falta de oxígeno para realizar la combustión, óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x), hollín y otros compuestos tóxicos peligrosos como bencenos, sulfatos, y todas esas sustancias contaminantes en mayor o menor grado.

Justificación

Hoy en día se pretende utilizar y aprovechar de manera adecuada la electricidad como una fuente de propulsión alternativa y a su vez utilizar la capacidad de las baterías como fuente de potencia hacia el motor eléctrico.

Con este proyecto se pretende obtener una mejor potencia en un prototipo de vehículo de competición Formula SAE aplicando una amplia investigación para realizar la implementación del sistema de control y potencia del prototipo de competición formula SAE, en el cual también se aplicará conocimientos teóricos y prácticos adquiridos durante la carrera, para lograr resultados positivos en cuanto a la potencia que se desea obtener en el prototipo de competición.

Una vez terminada la presente investigación será entregada a la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz, para su estudio práctico e investigativo; de esta manera podrá beneficiarse los estudiantes de la misma carrera y toda la comunidad universitaria.

Con este proyecto también se quiere incentivar la implementación de sistemas en los vehículos eléctricos, para así lograr reducir la contaminación ambiental generada por los gases de escape y quema de combustible.

Objetivos

General.

- Reprogramar el sistema de control de potencia de un prototipo de vehículo de competición formula SAE eléctrico para la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

Específicos

- Recopilar información de libros, artículos o sitios web de gran importancia sobre programación de módulos de control de potencia de sistemas de vehículos eléctricos aplicado para el prototipo de competición formula SAE eléctrico.
- Modificar el sistema de control de potencia, el cual influirá directamente con la autonomía del prototipo de competición formula SAE eléctrico.
- Realizar pruebas necesarias para determinar el correcto funcionamiento del sistema de control de potencia

Alcance

Objetivo de este proyecto es reprogramar el sistema de control de potencia de un prototipo de vehículo de competición formula SAE donde se espera que este prototipo incremente su velocidad aún más que en el actual y que esto sirva como base a la reprogramación y que sean los más implementados, fabricados y a su vez sean más utilizados en un futuro, y que esto servirá de motivación para lograr dar mejoras al medio ambiente y una ayuda en el ámbito automotriz.

Capítulo II

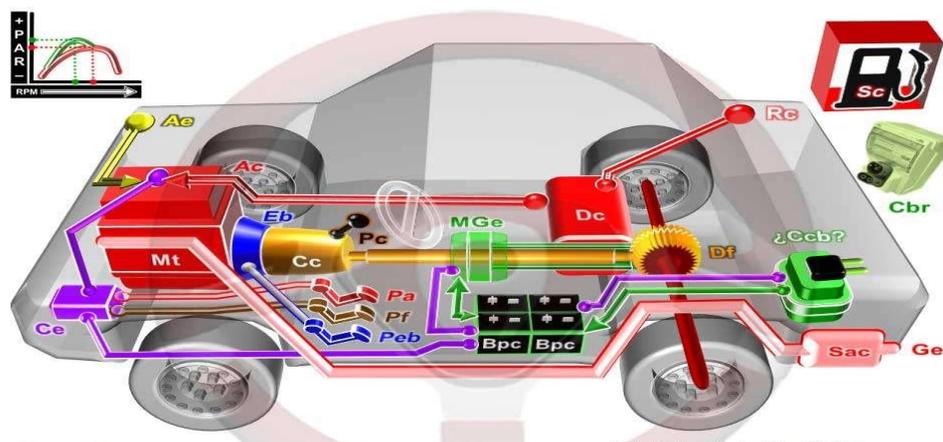
Marco Teórico

Fuentes de energía de propulsión

Como se conoce un motor es una máquina que se encarga de transformar la energía eléctrica en una energía que suele ser energía mecánica de rotación, la energía recibida por los motores se denominara como energía de propulsión y según las especificaciones y características del motor puede ser energía química (combustible) o energía eléctrica (electricidad).

Figura 1

Ejemplo de fuentes de propulsión Combustible vs Electricidad



Nota. En la figura 1 hace referencia a fuentes de propulsión de combustibles y eléctricas que se están implementando. Tomado de (Del Automóvil, 2019)

Tabla 1

Siglas de componentes del vehículo y sistemas de propulsión

Mt	Motor térmico	Sac	Anticontaminación	Pa	Pedal del acelerador y
-----------	---------------	------------	-------------------	-----------	------------------------

					Pf Pedal de freno
Ae	Alimentación de aire exterior	Ge	Salida de gases de escape	Df	Diferencial
Ac	Alimentación de combustible	Dc	Depósito de combustible Mt	Eb	Embrague y Peb pedal de embrague con Cc manual
MGe	Motor generador eléctrico	Rc	Repostaje de combustible para el Mt	Cbr	Cargador de baterías de la red eléctrica
Bpc	Baterías de propulsión complementaria	Sc	Surtidor de combustible para el Mt	Ccb	Conexión con el cargador de baterías
Ce	Control de la energía Mt y MGe	Cc	Caja de cambios y Pc palanca de cambios		

Nota. En la tabla 1 se muestra las siglas de cada parte del automóvil y fuentes de propulsión de combustible y eléctrica. Tomado de (Del Automóvil, 2019)

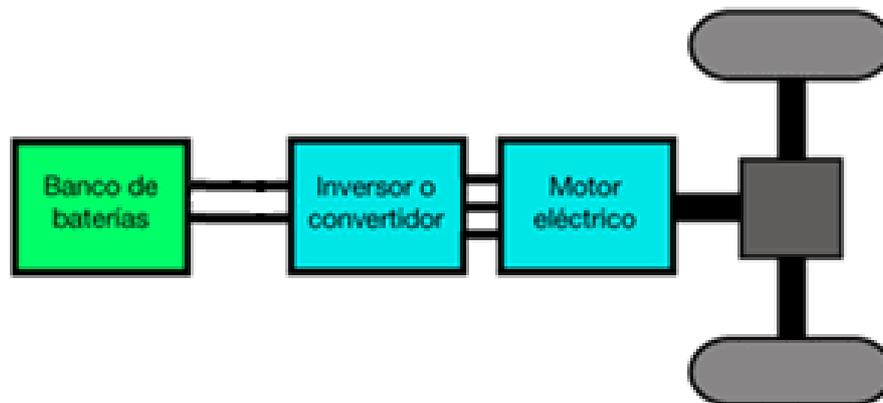
Tren de potencia

El tren de potencia del vehículo son un conjunto de elementos que sirven para trasladar la energía hacia las ruedas traseras con mayor eficiencia y eficacia en la cual se requiere de un motor eléctrico para satisfacer esta necesidad.

El tren de potencia es quien comprende a todos los elementos y componentes que se encuentran dentro de un vehículo para generar o convertir la fuerza para su movimiento.

Figura 2

Ejemplo de tren de potencia



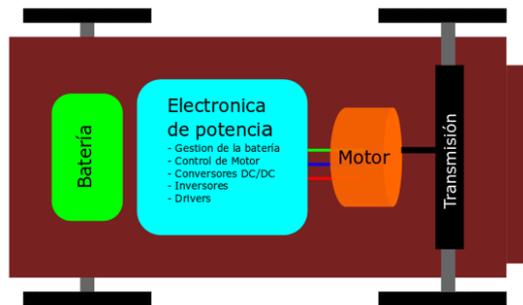
Nota. En la figura 2 se muestra la ubicación de los componentes del tren de propulsión. Tomado de (Capellan, 2017)

Componentes del Tren de potencia

La propulsión híbrida se refiere al uso de múltiples fuentes de propulsión por parte de un vehículo. En los sistemas híbridos se pueden utilizar convertidores y/o acumuladores de energía de diferentes tipos. Se pretende que los beneficios generales de un sistema híbrido superen el costo de instalarlo, por lo que se combinan dos fuentes de energía para maximizar sus beneficios en una variedad de condiciones de generación. (Martínez, 2018)

Figura 3

Esquema de tren de potencia



Nota. En la figura 3 se indica Diagrama de bloques para un vehículo eléctrico y sus componentes principales. Tomado de (Joaquín López Contreras, 2020)

Motores Eléctricos

Los motores eléctricos son los encargados de transformar la energía eléctrica en energía mecánica.

Figura 4

Motor Eléctrico



Nota. En la figura 4 se muestra un motor eléctrico. Tomado de (Gonzalez, s.f.)

La energía recibida en el motor eléctrico ayuda que el tren de potencia transmita hacia las ruedas la suficiente energía para que estas puedan funcionar y desplazarse fácilmente.

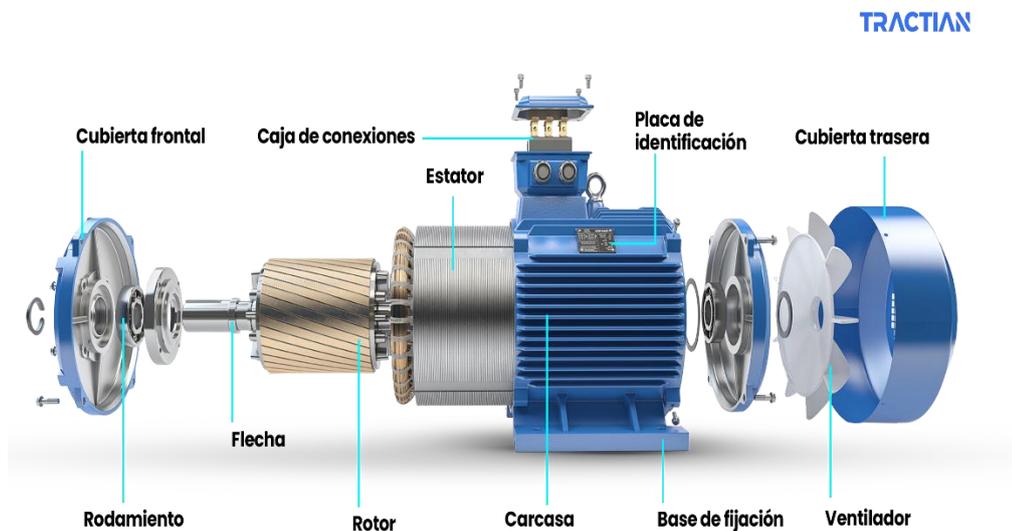
Componentes del motor eléctrico

Los componentes primordiales del motor eléctrico encargados de hacer que este funcione correctamente la cual consta con 5 componentes que son:

- Rotor
- Estator
- Bobina
- Carcasa rotor
- Carcasa intermedia

Figura 5

Componentes del motor eléctrico



Nota. En la figura 5 se muestra un motor eléctrico en despiece en donde se indica cada uno de sus componentes. Tomado de (Vedan, s.f.)

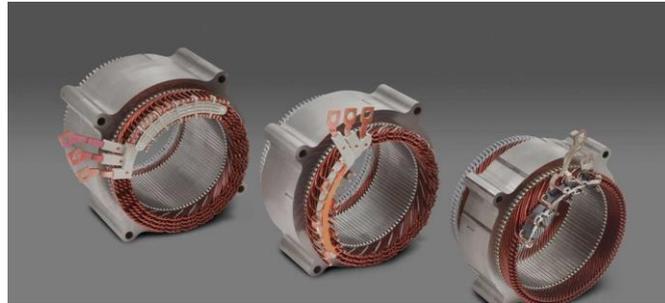
Estator

El estátor tiene la función de “trabajar” la energía eléctrica para crear con ella un campo magnético. Este campo magnético es seguido por el rotor cuando se magnetiza. Se clasifican en tres tipos de rotores:

- Rotor ranurado
- Rotor de polos salientes
- Rotor jaula de ardilla

Figura 6

Estator



Nota. En la figura 6 se muestra la estructura del estator. Tomado de (Lezama, 2020)

Rotor

El rotor es un elemento, muy importante que está compuesto por un eje que soporta una cantidad de bobinas que se encuentran enrolladas en el núcleo magnético. Este eje gira dentro de un campo magnético creado bien por un imán, un electroimán o por el paso por otro juego de bobinas, arrolladas sobre unas piezas polares.

Figura 7

Rotor



Nota. En la figura 7 se muestra la estructura de un rotor. Tomado de (Planas, 2017)

Conmutador

El conmutador de un motor eléctrico está formado por algunas tiras de cobre electrolítico la cual consta con un material aislante en el medio, el conmutador cambia la dirección de la corriente entre su armadura y el circuito externo

Figura 8

Conmutador del motor eléctrico



Nota. En la figura 8 se observa el conmutador del motor eléctrico. Tomado de (Amazon, 2022)

Escobillas

Las escobillas cumplen la función de realizar una presión necesaria sobre los colectores para que de esta manera se realice el contacto para que pueda dar el paso de la electricidad

Figura 9*Escobillas del motor eléctrico*

Nota. En la figura 9 se indica las escobillas del motor eléctrico. Tomado de (Ruta, 2021)

Bobinado

Se refiere principalmente a un arrollamiento o devanado que se encuentra en la parte interna de un motor eléctrico y mediante el cual se generan los campos magnéticos para las RPM.

Figura 10*Bobinado del motor eléctrico*

Nota. En la figura 10 indica el bobinado de un motor eléctrico. Tomado de (Rubilar, 2022)

Controladores

El controlador es el encargado de gestionar la corriente eléctrica según los requerimientos que se especifiquen y a su vez recibe y envía electricidad para que se accione el motor eléctrico o se carguen las baterías, se encarga de que este funcionamiento sea seguro y se utiliza para controlar el arranque, funcionamiento, avance y retroceso de velocidad detener el motor del vehículo eléctrico y otros componentes eléctricos del vehículo eléctrico.

Figura 11

Controlador electrónico



Nota. En la figura 11 se muestra un controlador electrónico del motor, 60V-72V Universal 3 Modo de Alta Potencia sin Escobillas Motor Controlador para E-Bike Scooter Eléctrico. Tomado de (Amazon, 2022)

Controladores PCM

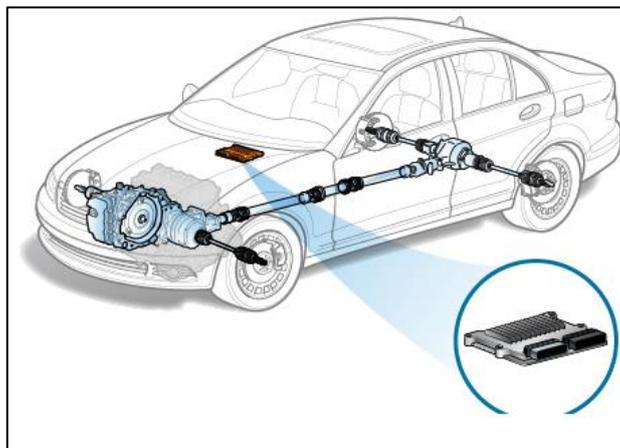
El PCM es conocido como módulo de control de tren motriz la PCM es una computadora que es la encargada de monitorear el sistema de encendido del motor, la

transmisión y cualquier otra función relacionada con el funcionamiento del motor y la transmisión y tracción a su vez procesa información de los siguientes componentes:

- Transmisión
- Frenos
- Sistema eléctrico
- Suspensión
- Motor

Figura 12

PCM (módulo de control del tren motriz)



Nota. En la figura 12 se identifica el PCM (Módulo de control del tren motriz). Tomado de (Maldonado, 2021)

Diseño de software

El uso del vehículo se divide en cuatro modos, estos son:

- Verificación del estado inicial.
- Encendido.
- Operación normal.
- Respuesta a fallas.

Sistema BMS

BMS, Sistema de gestión de batería, es un sistema que permite controlar cargar y descargar baterías de litio y a su vez balancearlas median un sistema electrónico.

BMS es un componente de seguridad que tiene la función de prevenir accidentes durante el uso de baterías. Pueden provocar chispas, humo o explotar si no se cargan correctamente. Por lo tanto, es importante cargarlos con seguridad para evitar estos accidentes.

Al reemplazar la batería, en principio no es necesario reemplazar el BMS. Si se comprueba que la batería pierde autonomía, es decir, la vida útil de la batería se acorta, pero puede seguir funcionando, significa que no hay problema con el BMS, y no hay necesidad de reemplazarlo por uno nuevo. Solo necesita renovar el paquete de baterías de litio. (Cid, 2020)

Sin embargo, si una batería de litio deja de funcionar repentinamente, puede haber dos razones. Uno, la batería está completamente agotada y deja de recibir carga, o hay un problema con el BMS. Si la batería tiene menos de dos años y deja de funcionar repentinamente, es probable que se trate de un error de BMS.

A esto hay que añadir que la vida útil del BMS no es paralela a la vida útil de la batería. Estas dos razones hacen que más usuarios prefieran reemplazar BMS al reemplazar las baterías de iones de litio. Esto ahorra costos de mano de obra y está cubierto garantía.

Figura 13*BMS*

Nota. En la figura 13 se muestra la estructura común de un BMS. Tomado de (Crespo, 2022)

Funciones del BMS

Tabla 2*Funciones del BMS*

Monitorear el estado de la batería: comprueba el voltaje de cada celda, realiza tomas periódicas como temperatura de todas las celdas de la batería y el estado de carga.

Controlar la recarga de la batería: ayuda de forma efectiva para redirigir la energía recuperada hacia el paquete de baterías.

Calcular los valores: una de las funciones más primordiales del BMS es calcular la corriente de carga máxima, corriente de descarga máxima y a su vez la energía entregada desde el último ciclo de carga o la última carga y total de funcionamiento

Proteger la batería: evitar las sobrecarga o sobretensiones durante el ciclo de carga y el exceso de temperatura

Conectar la batería al circuito de carga.

Mejorar el rendimiento de la batería: ayuda a maximizar la capacidad para evitar las cargas excesivas y cargas insuficientes.

Nota. En la tabla 2 se muestra la definición de cada una de las funciones que realiza el BMS. Tomado de (Cid, 2020)

Tipos de Bms

Tabla 3

Tipos de Bms y funcionamiento

Centralizado	Distribuido	Modular
Es un controlador único que se conecta a las celdas que tenga la batería mediante numerosos cables	Cada una de las celdas tiene un BMS instalado con un cable que ayuda a comunica a la batería y al controlador	Controladores disponen con cierto número de celdas y hay comunicación entre los controladores

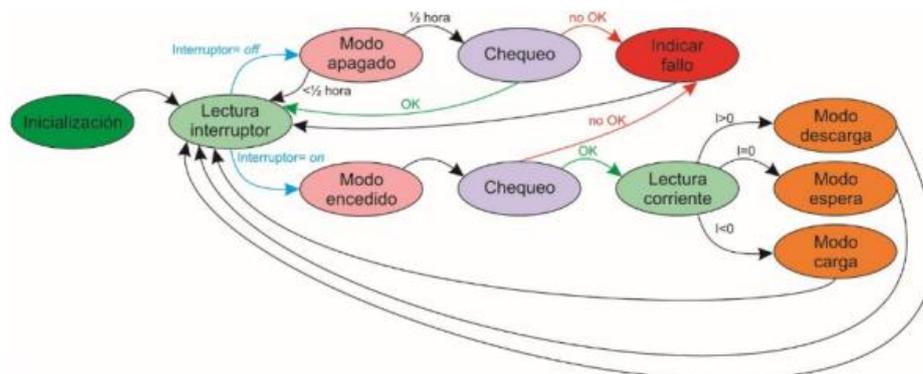
Nota. En la tabla 3 se muestra los tipos y definición de cada BMS. Tomado de (Cid, 2020)

Diagrama de estados del Bms

Según (Ahulló, 2020) Como con la mayoría de los dispositivos, el funcionamiento se rige por el siguiente diagrama estado, que controla todas las rutas y acciones que puede realizar, dependiendo de información recopilada y sistema de batería conectado.

Figura 14

Máquina de estado del Bms



Nota. En la figura 14 se muestra el estado del bms en off y on. Tomado de (Ahulló, 2020)

Convertor de potencia

El convertor de potencia de un Vehículo Eléctrico hace referencia al actuador que regula la corriente en el motor. La acción específica dependerá directamente del tipo de motor seleccionado y del esquema de control.

Existen algunas características que determinan la operación de un convertor de potencia, las cuales generalmente son:

- Nivel de tensión o voltaje de las baterías y del motor
- Nivel de amperaje de las baterías y del motor
- Frecuencia de conmutación
- Pérdidas de potencia
- Características dinámicas

El nivel de tensión depende en gran medida de la tensión nominal de la batería y uso de la máquina. La corriente depende de la potencia máxima del motor, excepto el número de convertidores paralelos que se hayan utilizados. Por otro lado, la

frecuencia de conmutación debe ser lo suficientemente alta para reducir el ruido y producir una respuesta dinámica de acuerdo con los requisitos de la aplicación.

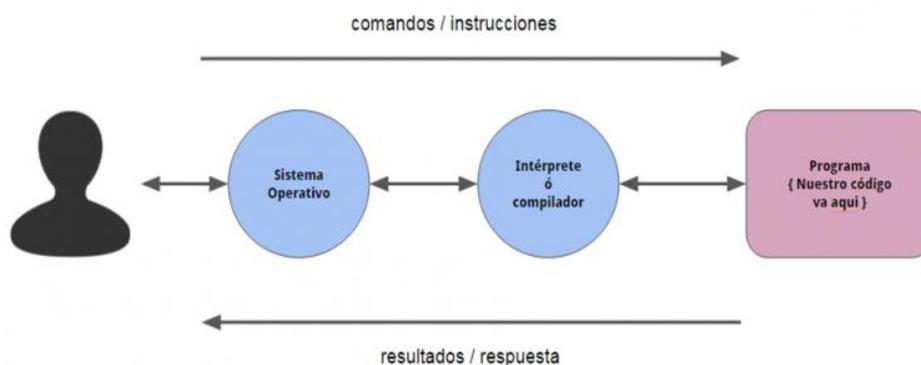
Lenguaje de programación

Las computadoras en los automóviles modernos han usado lenguajes de programación durante mucho tiempo. Estos lenguajes de programación se utilizan para controlar el funcionamiento del motor, la gestión de fluidos del motor, los sistemas de frenos, la dirección, el aire acondicionado, los faros y otros sistemas del vehículo. Los lenguajes de programación más comunes que se utilizan en los automóviles de hoy en día son C++ y Java.

C++ es un lenguaje de programación estructurado y de propósito general ampliamente utilizado en el desarrollo de software de sistemas. Se ha utilizado para controlar los sistemas de vehículos desde principios de la década de 1980. C++ es un lenguaje de programación rápido y eficiente que es fácil de entender y usar. C++ es un lenguaje de programación orientado a objetos ampliamente utilizado en el desarrollo de software de aplicación. Está diseñado para permitir la interacción entre varios sistemas del vehículo para que el vehículo pueda programarse para funcionar correctamente.

Figura 15

Comando / Instrucciones De Reprogramación



Nota. En la figura15 se indica los comandos / instrucciones de programación. Tomado de (Espino, 2023)

Matlab

Los sistemas de transporte modernos utilizan sistemas electrónicos, de control digital y de energía cada vez más sofisticados. La cual han utilizado aplicaciones como MATLAB, Simulink y Simscape™ permiten acelerar el desarrollo de vehículos eléctricos (EV) mediante el uso sistemático de datos y modelos.

- Utilizar sistemas basados en modelos para diseñar o modelar arquitecturas complejas y optimizar sistemas a funcionalidad.
- Diseñar baterías y desarrollar sistemas de gestión de control de baterías (BMS)
- Modelar sistemas de pilas de combustible y desarrollar sistemas de control de pilas de combustible
- Modelar motores de tracción y desarrollar sistemas de control de motores (MCU)
- Utilizar flujos de trabajo con datos basados en inteligencia artificial en el desarrollo de vehículos eléctricos

Capítulo III

Reprogramación del sistema de control de potencia

Controlador

El controlador que está implementado en el prototipo SAE es el Vector 500 Series debido a que sus características técnicas cumplen para el estatus de funcionamiento y rendimiento correcto del motor eléctrico.

Figura 16

Controlador Vector 500 Series Brushless 10Kw



Nota. En la figura 16 se muestra el controlador trifásico que ha sido implementado en el prototipo de competición. Tomado de (GoldenMotor, 2023)

Tabla 4

Características del Controlador Vector 500 Series Brushless

Parámetros	Observaciones
Voltaje	48V/72V
Corriente nominal del BUS de CC	30A-200A
Potencia nominal de salida	1000-10000W
Corriente	20-40mA

Nota. En la tabla 4 se observa las características técnicas del controlador Vector 500 Series Brushless 10Kw. Tomado de (GoldenMotor, 2023)

Identificación del controlador vector 500 series del formula SAEA y su sistema de conexión eléctrica.

Se identifico el controlador antes de proceder al desmontaje y a la desconexión del sistema eléctrico y se tomó en cuenta algunas precauciones, como el orden en que los cables estaban conectados para que en el momento de su instalación se lo pueda realizar de manera correcta.

Figura 17

Identificación del controlador y cables de conexión



Nota. En la figura 17 se puede observar el controlador vector 500 serie y su cableado de conexión.

Desconexión del sistema eléctrico del controlador

Desconectar cada uno de sockets teniendo en cuenta su ubicación y el parámetro que cumple cada uno de ellos.

Figura 18

Desconexión del sistema eléctrico



Nota. En la figura 18 se puede observar la desconexión del sistema eléctrico del controlador.

Figura 19

Desconexión de cables del motor eléctrico



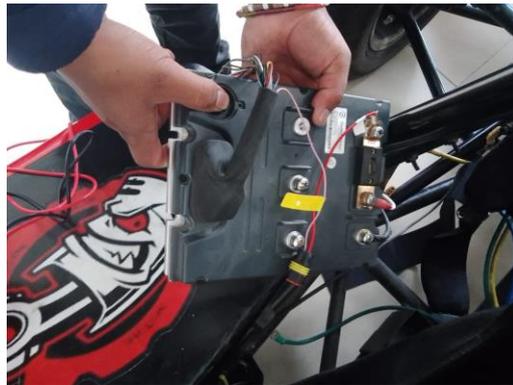
Nota. En la figura 19 se identifica la conexión de los cables del motor hacia el controlador y se realiza su respectiva desconexión.

Desmontaje del controlador vector 500 series

Una vez desconectado todos los sockets del sistema y retirado los cables que provenían del motor eléctrico al controlador, se procede a retirar los tornillos que sujetaban al controlador y así extraerlo de manera adecuada y con precaución

Figura 20

Desmontaje Del Controlador



Nota. En la figura 20 se puede observar el controlador ya desmontado de su sitio.

Instalación de base para montar el controlador

En la instalación de una base para ubicar el controlador se tomó en cuenta las medidas del controlador para realizar agujeros en la platina en parte donde irán ubicados cada perno que sostendrán al controlador para proceder a soldar en la estructura.

Figura 21

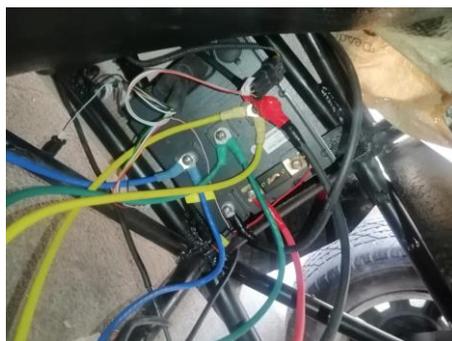
Base para el Controlador



Nota. En la figura 21 se indica la base soldada para la ubicación del controlador

Instalación del controlador**Figura 22**

Controlador Instalado



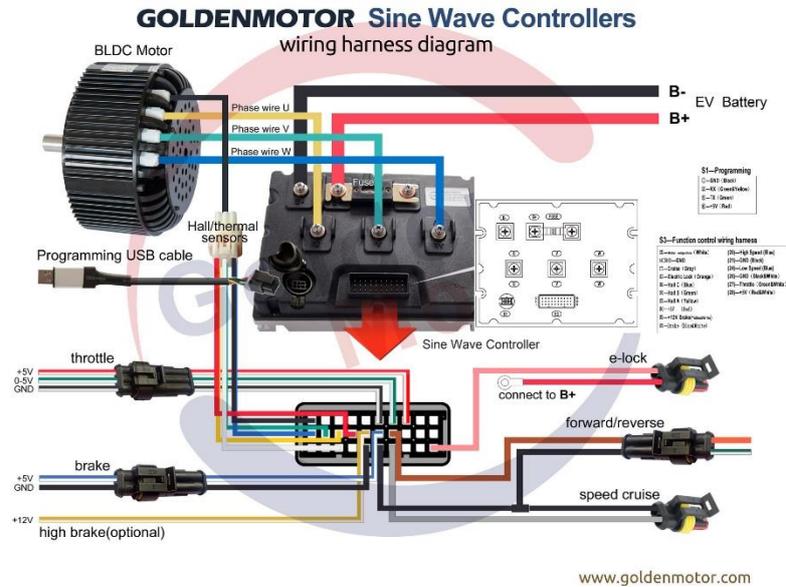
Nota: En la figura 22 se muestra ya el controlador instalado con su sistema eléctrico

Diagrama de conexiones

Se indica el diagrama que se siguió para realizar las conexiones correctamente

Figura 23

Diagrama de conexión



Nota. En la figura 23 se muestra de conexión del controlador

Simulación Del Circuito del Tren de Potencia SAE

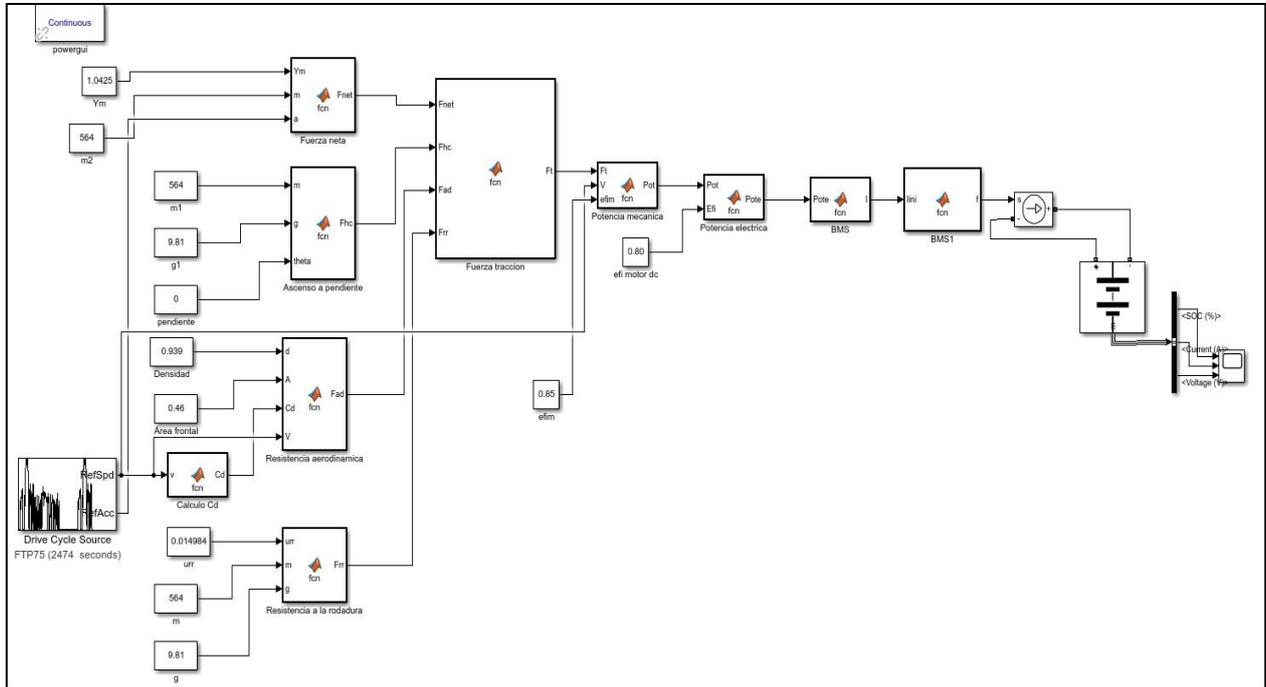
Para la simulación del tren de potencia se tomó en cuenta algunos parámetros los cuales son:

- Peso del formula SAE
- Peso de baterías
- Área frontal
- Fuerza de tracción
- Resistencia Aerodinámica
- Eficiencia del motor
- Ciclo de conducción FTP 75

Esta simulación se lo realizo el programa Matlab para obtener resultados para luego realizar pruebas de funcionamiento.

Figura 24

Simulación de Circuito de Tren de Potencia



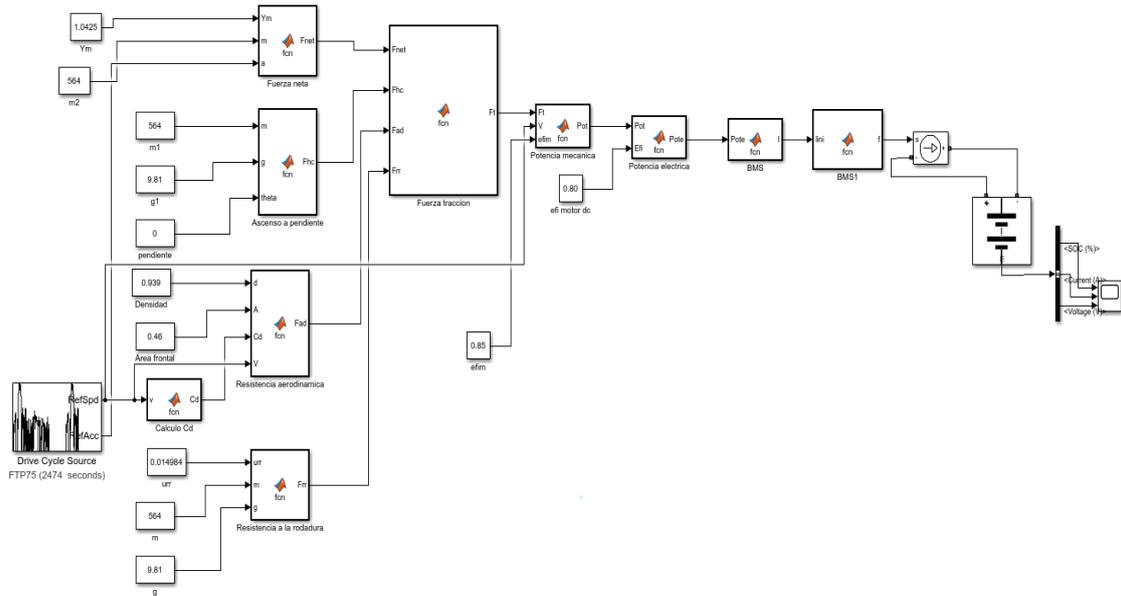
Nota. En la figura 24 se muestra la Simulación del circuito

Funcionamiento

En el funcionamiento del circuito de tren de potencia se pudo apreciar mediante el un ciclo de conducción seleccionado, en donde se tomó en cuenta los diferentes parámetros anteriormente mencionados en la cual se pudo obtener la aceleración y desaceleración de acuerdo al ciclo de conducción.

Figura 25

Funcionamiento De la simulación



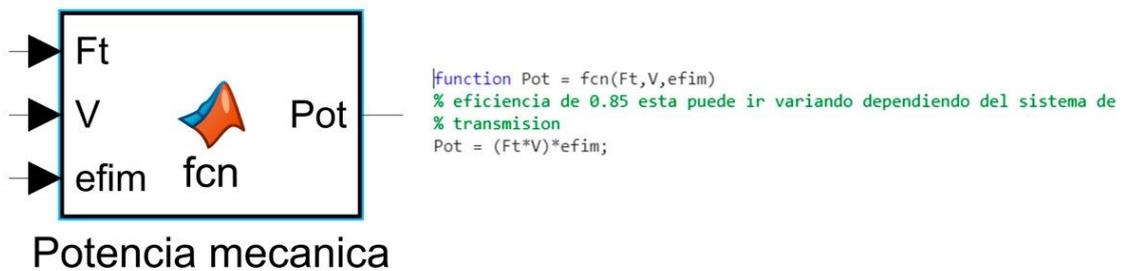
Nota. En la figura 25 se muestra el circuito para dicha simulación

Potencia mecánica

En el funcionamiento del circuito la potencia mecánica que es la suma de todos los parámetros de fuerza tracción para la potencia mecánica se tomó en cuenta los siguientes parámetros.

Figura 26

Parámetros Potencia Mecánica



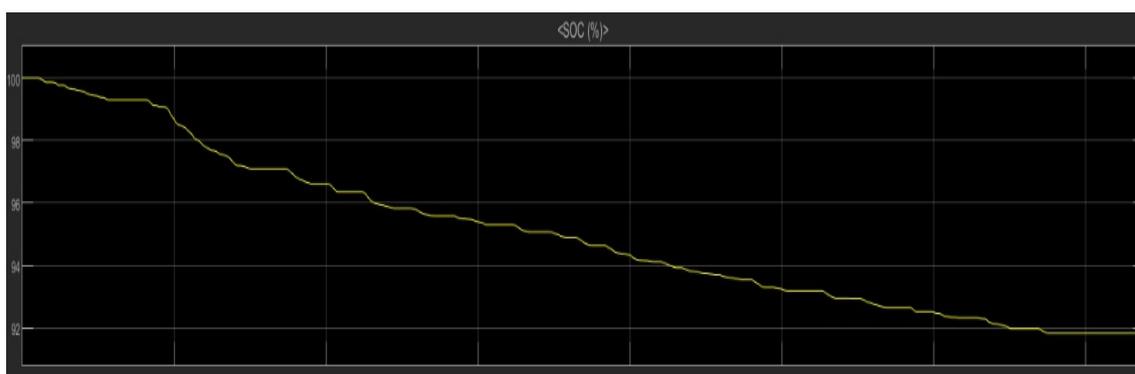
Nota. En la figura 26 se indica los parámetros de potencia mecánica

Autonomía de la batería con ciclo de conducción Ftp75

En el funcionamiento del Tren de potencia del SAE eléctrico se logró apreciar que del estado de carga de la batería en 100% disminuye en al 92% donde se pudo constatar que la descarga de la batería no es muy baja en la cual esta no afectara al rendimiento del motor eléctrico

Figura 27

Curva Característica De Carga de Batería



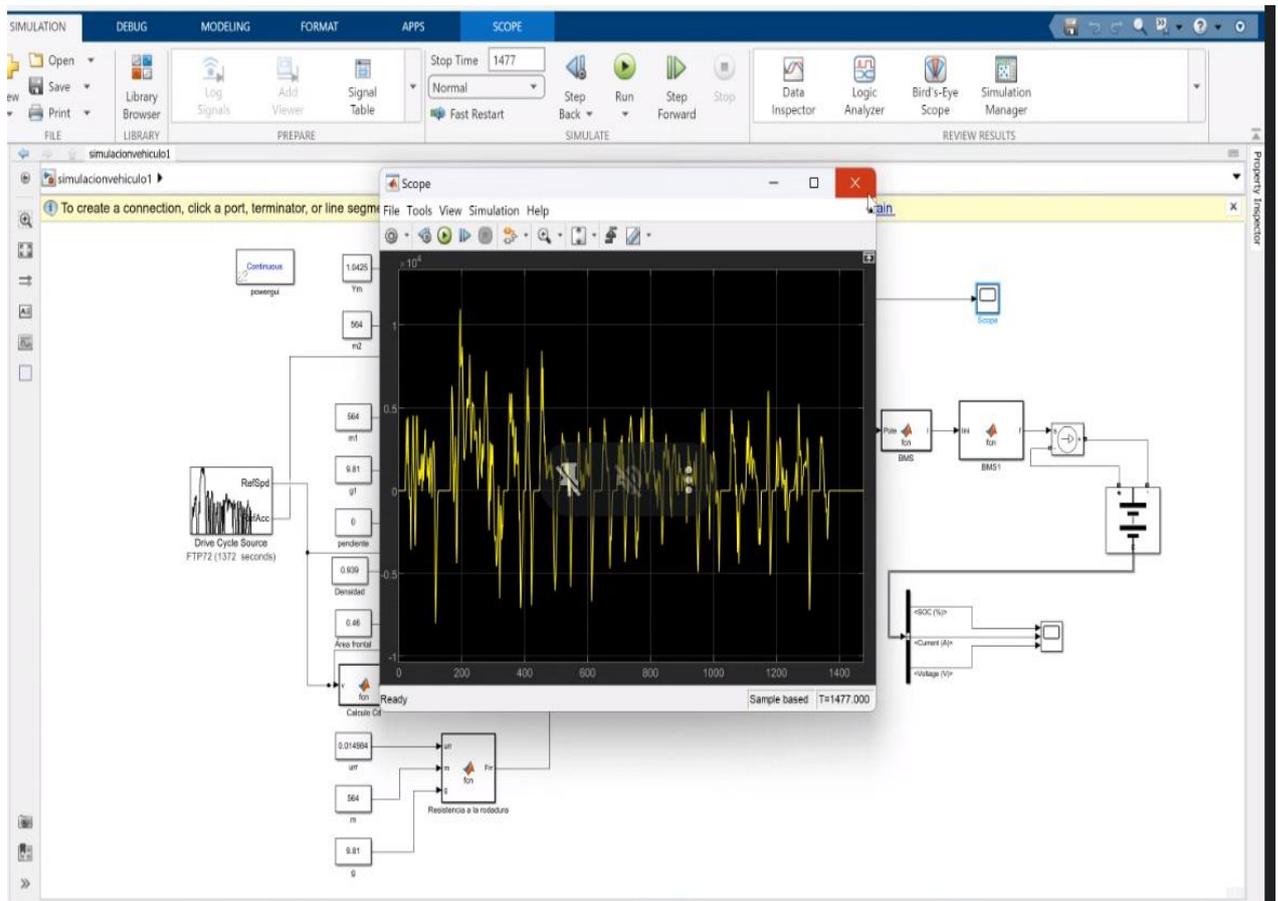
Nota. En la figura 27 se muestra la curva de carga y descarga de la Batería

Autonomía del motor eléctrico

El consumo generado por el motor eléctrico según la simulación de Matlab es de 1×10^4 , que esto sería equivalente a 10.000 W, siendo necesario utilizar un motor de 10.000W

Figura 28

Simulación Autonomía del Motor Eléctrico



Nota. En la figura 28 se muestra la simulación y las ondas con las que funciona el motor eléctrico.

Conexión del programa con el computador mediante USB

Figura 29

Conexión del Controlador Mediante USB



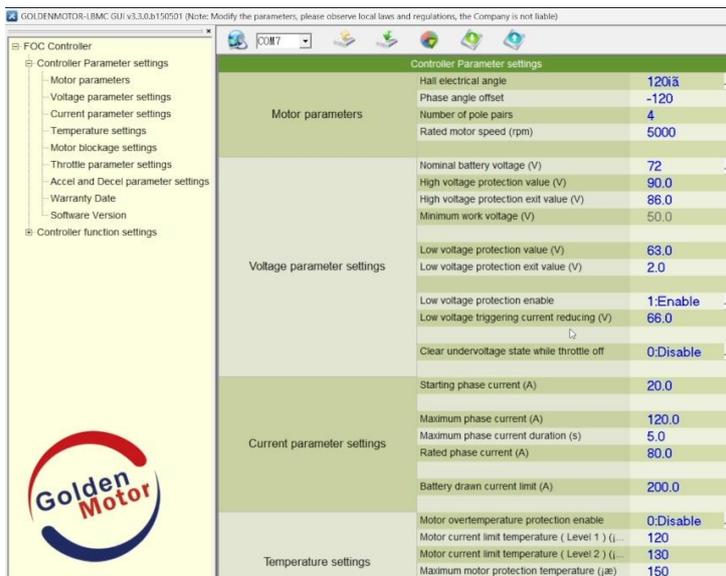
Nota. En la figura 29 se muestra de conexión del controlador y el computador para su respectiva programación

Reprogramación

Para realizar la respectiva reprogramación del controlador se tomó en cuenta los parámetros iniciales con las cuales estaba programado para saber que parámetros se tendría que ir modificando en la nueva reprogramación.

Figura 30

Datos Generales Para Modificación



Controller Parameter settings		
Motor parameters	Hall electrical angle	120.0
	Phase angle offset	-120
	Number of pole pairs	4
	Rated motor speed (rpm)	5000
Voltage parameter settings	Nominal battery voltage (V)	72
	High voltage protection value (V)	90.0
	High voltage protection exit value (V)	86.0
	Minimum work voltage (V)	50.0
	Low voltage protection value (V)	63.0
	Low voltage protection exit value (V)	2.0
	Low voltage protection enable	1:Enable
Current parameter settings	Low voltage triggering current reducing (V)	66.0
	Clear undervoltage state while throttle off	0:Disable
	Starting phase current (A)	20.0
	Maximum phase current (A)	120.0
	Maximum phase current duration (s)	5.0
Temperature settings	Rated phase current (A)	80.0
	Battery drawn current limit (A)	200.0
	Motor overtemperature protection enable	0:Disable
	Motor current limit temperature (Level 1) (j...)	120
	Motor current limit temperature (Level 2) (j...)	130
	Maximum motor protection temperature (j&E)	150

Nota. En la figura 30 se indica el programa donde se realizará la reprogramación

Una vez conectados en el programa con el controlador y revisados los parámetros que son necesarios se procedió a realizar el cambio de dichos datos las cuales para realizar esto dependió mucho de la batería, utilizando un voltaje nominal de 72 V, se realizó cambios en el valor de salida de protección de alto voltaje la cual se modificó tomando en cuenta el voltaje de cada celda que es de 3.6V que esto multiplicado por las celdas totales nos da un resultado de $3.6 \times 24 = 87.6$. Se modifico también la corriente nominal por fase a 120 Amperios. Se modifico el límite de corriente consumida por la batería a 120 a 200 amperios

Figura 31

Reprogramación del Controlador

GOLDENMOTOR-LBMC GUI v3.3.0.b150501 (Note: Modify the parameters, please observe local laws and regulations, the Company is not liable)

COM7

FOC Controller

- Controller Parameter settings
 - Motor parameters
 - Voltage parameter settings
 - Current parameter settings
 - Temperature settings
 - Motor blockage settings
 - Throttle parameter settings
 - Accel and Decel parameter settings
 - Warranty Date
 - Software Version
- Controller function settings

Golden Motor

Controller Parameter settings		
Motor parameters	Hall electrical angle	120iã
	Phase angle offset	-120
	Number of pole pairs	4
	Rated motor speed (rpm)	5000
Voltage parameter settings	Nominal battery voltage (V)	72
	High voltage protection value (V)	90.0
	High voltage protection exit value (V)	88.0
	Minimum work voltage (V)	50.0
	Low voltage protection value (V)	63.0
	Low voltage protection exit value (V)	2.0
	Low voltage protection enable	1:Enable
	Low voltage triggering current reducing (V)	66.0
Clear undervoltage state while throttle off	0:Disable	
Current parameter settings	Starting phase current (A)	20.0
	Maximum phase current (A)	120.0
	Maximum phase current duration (s)	5.0
	Rated phase current (A)	100.0
	Battery drawn current limit (A)	120.0
Temperature settings	Motor overtemperature protection enable	0:Disable
	Motor current limit temperature (Level 1) (j...)	120
	Motor current limit temperature (Level 2) (j...)	130
	Maximum motor protection temperature (jæ)	150

Nota. En la figura 31 se muestra la programación del controlador

Capítulo IV

Pruebas De Funcionamiento del Sistema de Potencia

Pruebas de Protocolo

Una vez finalizada con la reprogramación del sistema de control de potencia del fórmula SAE eléctrico se verifico que todos los componentes eléctricos y mecánicos este correctamente conectados y ajustados, con ello se comenzó a verificar la velocidad del fórmula SAE eléctrico para comprobar cuál sería su velocidad máxima y a su vez se realizó dos vueltas como prueba de protocolo para comprobar o identificar si existe inconvenientes que puedan afectar a las pruebas de funcionamiento.

Figura 32

Pruebas de protocolo del fórmula SAE eléctrico



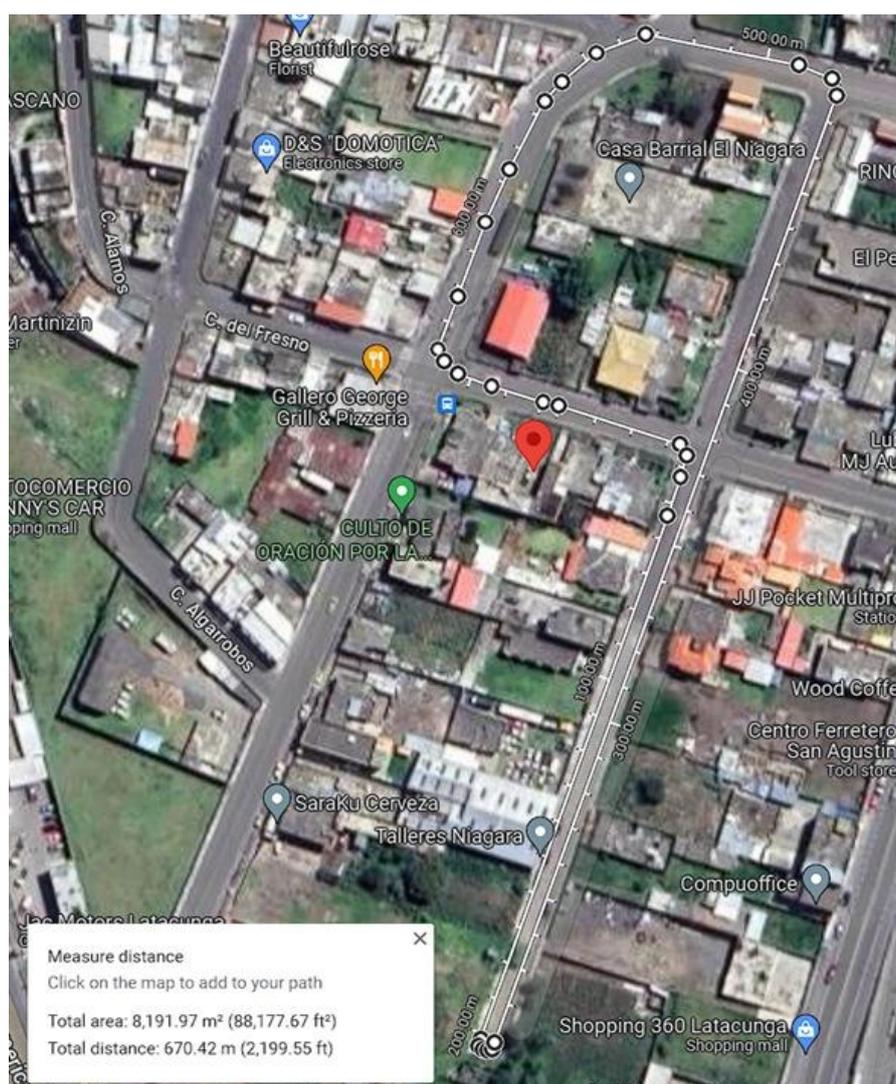
Nota. En la figura 32 se muestra la realización de pruebas de protocolo en dos vueltas

Una vez ya finalizada la prueba de funcionamiento, se observó que todos los componentes estén correctamente conectados, ajustados y correctamente sujetos al bastidor, para después empezar a realizar las pruebas de potencia, velocidad y aceleración para ello se creó una hoja de ruta donde el prototipo se podrá aprueba.

Trazo de ruta

Figura 33

Trazo de la Ruta para Pruebas



Nota. En la figura 33 se observa la ruta donde se va realizar las pruebas de funcionamiento.

Pruebas de potencia

Las Pruebas de funcionamiento se realizó en la ciudad de Latacunga en la parroquia Ignacio Flores específicamente en el barrio Niagara, realizando dos vueltas con recorrido de 2.01 km.

El trayecto consta de subidas, bajadas y curvas la cual será de gran ayuda para determinar de una manera correcta el comportamiento prototipo fórmula SAE eléctrico.

Ya concluida con las respectivas pruebas de potencia, se tomó en cuenta las características del motor y con la ayuda de un multímetro se obtuvo los siguientes datos

Tabla 5

Resultados de pruebas de potencia

Descripción	Datos obtenidos
Potencia	10800W
Amperaje	150
Voltaje	72

Nota. En la tabla 5 se observa los resultados obtenidos en las pruebas realizadas en un trayecto de 2.01 km.

Pruebas de Velocidad

Para las pruebas se instaló un control que nos ayudara a determinar la velocidad máxima del prototipo SAE eléctrico, se tomaron en cuenta parámetros como la velocidad y el tiempo, de tal manera pudimos aprovechar del máximo rendimiento del motor y alcanzar una velocidad estable.

Al realizar la prueba se pudo determinar que a una carga de batería del 74.4% y teniendo en cuenta no superar los 150 amperios, se alcanzó una velocidad máxima de 20.5 m/s que en kilometraje es 73.80 km/h.

Figura 34

Control de velocidad y tiempo



Nota. En la figura 34 se muestra el control utilizado para las mediciones de velocidad y tiempo.

Estado de los componentes del sistema de potencia

Tabla 6

Estado de los componentes

Ítem	Componentes	Estado		Observación
		Bueno	Malo	
1	Controlador	√		Calentamiento normal

Ítem	Componentes	Estado	Observación
2	Baterías	√	Ninguna
3	Pedal de aceleración	√	Ninguna
4	Switch De encendió y retro	√	Ninguna
5	Control de velocidad Tiempo	√	Ninguna

Nota: En la tabla 6 se observa el estado de cada componente que conforma el sistema de potencia

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- Se investigó en libros, proyectos, informes, sobre la programación de controladores que se pueden emplear en un prototipo de competición fórmula SAE eléctrico de acuerdo a sus características y los beneficios que puede aportar al proyector teniendo en cuenta de reprogramar los parámetros necesarios.
- Para la reprogramación del sistema de control de potencia se tomó en cuenta varios parámetros que ayudaran a mejorar la autonomía de la fórmula SAE eléctrico.
- Una vez finalizado las pruebas de funcionamiento del prototipo de competición formula SAE eléctrico se observó que funciona correctamente en todas las pruebas de conducción

Recomendaciones

- Cuando se vaya a manipular distintos componentes del sistema de potencia como son la batería y las conexiones al controlador, se debe desenergizar el circuito eléctrico del prototipo, esto quiere decir, desconectar la conexión entre batería y controlador.
- Cuando se vaya a reprogramar algún parámetro del controlador se debe tener en cuenta las características de la batería para que en el momento de la reprogramación no existan valores sobre exigentes y se debe tomar en cuenta los parámetros con los que ha sido programado.
- Utilizar de manera apropiada la fórmula SAE eléctrico en situaciones de adversas

Bibliografía

- Ahulló, M. (2020). *DISEÑO Y PROGRAMACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE BATERÍAS (BMS) PARA BATERÍAS LiFePO4*. Valencia: Universitat Politècnica de València.
- Álavrez, C. L. (03 de mayo de 2022). *Responsable de la Comunicación y Sostenibilidad de SERNAUTO*. Obtenido de <https://www.sernauto.es/blog/avances-tecnologicos-para-reducir-las-emisiones/>
- Amazon. (2022). *Ya esta*. Obtenido de Ya esta: <https://www.yaesta.com/b08b3y6cv4-controlador-del-motor-60v-72v-universal-3-modo-de-alta-potencia-sin-escobillas-motor-controlador-para-e-bike-scooter-elctrico/p>
- Capellan, G. C. (2017). *Caracterización del tren de potencia de un vehículo eléctrico de categoría L7 tipo Smart*. Barcelona.
- Chuquiana, E. T. (2014). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL TREN MOTRIZ CON MOTOR ELÉCTRICO Y TRANSMISIÓN CVT, PARA UN VEHÍCULO BIPLAZA PLEGABLE*.
- Cid, M. (30 de Septiembre de 2020). *Renting Finders*. Obtenido de <https://rentingfinders.com/glosario/bms/#:~:text=Este%20%C3%BAltimo%20componente%2C%20el%20BMS,accidentes%20al%20utilizar%20las%20bater%C3%ADas.>
- Crespo, M. (22 de Marzo de 2022). *Forococheselectricos*. Obtenido de <https://forococheselectricos.com/diccionario/bms>
- Del Automóvil, T. (22 de Mayo de 2019). *Tecnología del automóvil*. Obtenido de Tecnología del automovóvil: <https://www.tecnologia-automovil.com/articulos/actualidad/energias-de-propulsion/>

Elvira Palacios Espinoza, C. E. (Septiembre de 2014). Universidad de Cuenca
Facultad de Ciencias Medicas. *Contaminación del aire exterior* , 32(2), 7.
doi:<https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/medicina/article/view/883>

Espino. (3 de Junio de 2023). *Los ppprincipios de Los lenguajes de programacion*.
Obtenido de <https://desarrollo.espino.info/la-alegria-de-programar/los-principios-de-los-lenguajes-de-programacion.html>

GoldenMotor. (24 de Mayo de 2023). *GoldenMotor*. Obtenido de
<https://goldenmotor.bike/product/vector-500-series-72-volt-brushless-motor-controller/>

Gonzalez, J. C. (s.f.). *DiarioMotor*. Obtenido de DiarioMotor:
<https://www.diariomotor.com/que-es/inducccion/>

Joaquín López Contreras, M. M. (03 de Febrero de 2020). *Secartys*. Obtenido de
Secartys: <https://www.secartys.org/es/electronica-de-potencia-y-movilidad-electrica/>

León García, N. (2015). *Diseño de la adaptación de la electrónica y motores para un vehículo eléctrico de fórmula SAE*.

Lezama, J. c. (15 de Septiembre de 2020). *Diariomotor*. Obtenido de
<https://www.diariomotor.com/que-es/recursos-renovables-naturales/>

Maldonado, E. (20 de Diciembre de 2021). *miautomovil*. Obtenido de miautomovil:
<https://miautomovil.info/pcm-modulo-de-control-del-tren-motriz/>

Martínez, J. M. (24 de Abril de 2018). *Interempresas*. Obtenido de Interempresas:
<https://www.interempresas.net/Sector-Automocion/Articulos/216238-Vehiculos-hibridos-y-electricos-Ventajas-e-inconvenientes.html>

Planas, O. (13 de Noviembre de 2017). *Demotor*. Obtenido de <https://demotor.net/motores-electricos/componentes-de-un-motor-electrico/rotor>

Rubilar, H. (26 de Julio de 2022). *Ematec*. Obtenido de <https://ematec.cl/en-que-consiste-el-rebobinado-de-motores-electricos/#:~:text=Cuando%20se%20habla%20de%20un,campos%20magn%C3%A9ticos%20para%20las%20RPM>.

Ruta. (28 de Octubre de 2021). *loctite teroson*. Obtenido de <https://blog.reparacion-vehiculos.es/escobillas-motor-electrico>

Vargas, J. C. (20 de octubre de 1995). *El Tiempo*. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-432309>

Vedan, A. (s.f.). *Tractian*. Obtenido de Tractian: <https://traction.com/es/blog/como-funcionan-los-motores-electricos>

Anexos