

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE MATRIZ CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero
Mecánico Automotriz**

Proyecto Técnico:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA
ELÉCTRICO PARA UN PROTOTIPO DE VEHÍCULO BASADO
EN LA NORMATIVA FORMULA SAE”.**

Autor:

Milton Israel Torres Jaya

Tutor:

MSc. Ing. Roberto Sacoto

Cuenca - Ecuador

2017

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD.

Yo, Milton Israel Torres Jaya con numero de cedula 1900571470 autor del trabajo de titulación “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO PARA UN PROTOTIPO DE VEHÍCULO BASADO EN LA NORMATIVA FORMULA SAE” certifico que el total contenido del proyecto técnico es de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, Agosto de 2017.



Milton Israel Torres Jaya

C.I. 1900571470

CERTIFICACIÓN.

Yo declaro que bajo mi Tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación **“Diseño e implementación del sistema eléctrico para un prototipo de vehículo basado en la normativa formula SAE”**, realizado por el estudiante Milton Israel Torres Jaya, obteniendo el Proyecto Técnico, que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, Agosto de 2017

A handwritten signature in blue ink, reading "Roberto Ismael Sacoto Molina". The signature is fluid and cursive, with the first name "Roberto" being the most prominent.

MSc. Ing. Roberto Ismael Sacoto Molina.

C.I. 0104143292

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.

Yo Milton Israel Torres Jaya, con documento de identificación No 1900571470, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación: “Diseño e implementación del sistema eléctrico para un prototipo de vehículo basado en la normativa formula SAE”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico Automotriz en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultad para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo que este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, Agosto de 2017.



Milton Israel Torres Jaya

C.I. 1900571470

DEDICATORIA.

El presente trabajo se lo dedico a mi padre y a mi madre quienes son y seguirán siendo los pilares fundamentales en mi vida, demostrando de esta manera el cariño y el agradecimiento infinito hacia ellos, quienes con esfuerzo y sacrificio han guiado mi camino durante toda mi vida.

A toda mi familia por su apoyo incondicional, a los buenos compañeros y amigos encontrados en el camino.

Milton Israel Torres Jaya

AGRADECIMIENTO.

Agradezco a mis padres Norma y Milton que gracias a su esfuerzo y la confianza depositada en mí, pueda hoy estar culminando una etapa más de mi formación académica y la vez estar alcanzando una de mis metas personales, además de agradecerles por sus enseñanzas, por sus sacrificios y por todo su amor incondicional a lo largo de mi vida.

También quiero agradecer a mis familiares y amigos que creyeron en mis capacidades y supieron brindarme sus palabras de aliento y perseverancia.

También es digno de agradecer a la Universidad Politécnica Salesiana, al equipo UPS Racing Team por dejarme ser parte de su equipo de investigación y también a todos los docentes que me transmitieron sus conocimientos a lo largo de mi formación académica; al director de este proyecto técnico, el MSc. Ing. Roberto Sacoto por su confianza depositada en mi para la realización del mismo.

Milton Israel Torres Jaya

RESUMEN.

En el presente trabajo de investigación se realiza el diseño e implementación de un sistema eléctrico basado en la normativa Formula SAE para un vehículo eléctrico de competencia.

En primera instancia se realiza una breve descripción de la competencia, así como de las normas y reglamentos que se deben aplicar para el diseño y construcción del prototipo.

Posteriormente se realiza una síntesis de los fundamentos teóricos y el desarrollo del estado del arte, donde se describen los circuitos principales de alto y bajo voltaje, los elementos y componentes del sistema eléctrico como: cables conductores, conectores, etc, los mismos que son utilizados por otros vehículos tipo Formula SAE eléctricos.

Se efectúa, el cálculo de las secciones transversales de los conductores partiendo de los requerimientos de diseño propuestos. Con estas herramientas se procede a la selección de los cables conductores (marca y modelo), de alto y bajo voltaje, y sus conectores para ser posteriormente implementados en el vehículo. En adición, se presentan los diagramas del sistema eléctrico basados en las exigencias de la normativa y en los requisitos de construcción del vehículo.

Una vez desarrollada la fase de cálculo y selección, se efectúa el montaje de los diferentes elementos y dispositivos eléctricos y electrónicos en el chasis del vehículo, seguido del acoplamiento de los arneses de cables a sus respectivas conexiones. Finalmente, se ejecutan las pruebas y evaluaciones del sistema eléctrico completo mediante la aplicación de los criterios de escrutinio del sistema eléctrico generados por los organizadores de la competencia.

ABSTRACT.

This present research work carries out a design and implementation of an electrical system based on the regulation for the Formula SAE for an electrical competence vehicle.

In the first instance, a brief description of the competition is made, as well as the rules and regulations that must be applied for the design and construction of the prototype.

Later on, a synthesis of the Theoretical foundations, and the development of the state of art is made, where the main circuits of high and low voltage are described, the elements and components of the electrical systems like: conductive cables, connectors, etc., the same ones that are used on electric vehicles Formula SAE.

The cross sections of the conductors are calculated based on the proposed design requirements. These tools are used to select the high and low voltage conductive cables (brand and model) and its connectors to be later implemented in the vehicle. In addition, the diagrams of the electrical system are presented based on the requirements of the regulations and the construction requirements of the vehicle.

Once the calculation and selection phase has been carried out, various elements and electronic devices are assembled in the chassis of the vehicle, followed by the coupling of the cable harnesses to its respective connections. Finally, the tests and evaluations of the complete electrical system are executed by applying the criteria of scrutiny of the electrical system generated by the organizers of the competition.

ÍNDICE GENERAL.

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD.	I
CERTIFICACIÓN.	II
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.	III
DEDICATORIA.	IV
RESUMEN. VI	
ABSTRACT. VII	
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
INDICE DE ILUSTRACIONES Y FIGURAS.	XI
INDICE DE TABLAS.	XII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. PROBLEMA.	2
3. OBJETIVOS.....	3
3.1. Objetivo General.	3
3.2. Objetivos Específicos.....	3
CAPITULO I.....	4
4. SÍNTESIS DE LOS FUNDAMENTOS TEÓRICOS.	4
4.1. Introducción.	4
4.2. Descripción de la competencia Formula SAE Eléctrico.	4
4.3. Reglamento y normas de protección para el diseño del sistema eléctrico.	5
4.4. Circuitos principales del sistema eléctrico.....	6
4.4.1. Circuito de alto voltaje o circuito HV (High Voltaje).....	6
4.4.2. Conectores utilizados en el circuito de alto voltaje.....	7
4.4.3. Cables empleados en el Circuito de alto voltaje.	11
4.4.4. Circuito de bajo voltaje o circuito LV (Low Voltage).	12
4.4.5. Conectores usados en el circuito de bajo voltaje.....	14
4.4.6. Cables usados en los circuitos de bajo voltaje.	17
4.4.7. Puntos de medición de alto y de bajo voltaje.	18
4.4.8. Conectores permitidos para la los puntos de medición.	19
4.4.9. Aislantes para las uniones y protecciones para cables.	19
4.4.10. Fundas de protección para arnés de cables.	20

CAPITULO II	22
5. DIMENSIONAMIENTO DE CABLEADO Y CONEXIONES.....	22
5.1. Introducción.....	22
5.2. Calculo del cableado y conexiones del circuito de alto voltaje.....	22
5.2.1. Requerimientos de diseño para el circuito alto voltaje.....	24
5.2.2. Calculo de la sección monofásica.....	26
5.2.3. Selección de cables para la sección monofásica.....	28
5.2.4. Selección de conectores de la sección monofásica.....	29
5.2.5. Calculo de la sección trifásica.....	30
5.2.6. Selección de cables para la sección trifásica.....	33
5.2.7. Selección de conectores de la sección trifásica.....	33
5.3. Calculo de cableado y conexiones del circuito de bajo voltaje.....	34
5.3.1. Requerimientos de diseño para el circuito bajo voltaje.....	36
5.3.2. Cálculo y selección de las líneas de alimentación del circuito de bajo voltaje.....	38
5.3.3. Cálculo y selección de las líneas de alimentación para cada dispositivo del circuito bajo voltaje.....	39
CAPITULO III.....	40
6. MONTAJE Y EVALUACIÓN.....	40
6.1. Diagrama del sistema eléctrico, del prototipo de vehículo eléctrico para competencia basado en la normativa Formula SAE.....	40
6.2. Montaje e implementación de dispositivos eléctricos en el chasis del vehículo.....	43
6.2.1. Paquete de baterías de alto voltaje.....	43
6.2.2. Controlador Bamocar D3.....	44
6.2.3. Motor Emrax 228.....	45
6.2.4. Seguro de desconexión rápida (HVD).....	45
6.2.5. Sistema de refrigeración.....	46
6.2.6. Batería de bajo voltaje.....	47
6.2.7. Caja de fusibles.....	47
6.2.8. Botones de emergencia.....	48
6.2.9. Luz del sistema de tracción TSAL.....	48
6.2.10. Caja de interruptores maestros, puntos de medición y pulsadores de reinicio.....	49
6.2.11. Circuitos de seguridad.....	50
6.3. Procesos de unión entre cables y conectores o terminales de conexión.....	52
6.4. Evaluación y pruebas del sistema eléctrico del prototipo.....	52
6.5. Evaluación del circuito de alto voltaje.....	54

6.5.1. Evaluación del circuito monofásico.....	54
6.5.2. Evaluación del circuito trifásico.....	54
6.5.3. Evaluación del circuito de bajo voltaje.....	54
6.6. Evaluación del sistema eléctrico.....	55
7. RESULTADOS.....	62
8. CONCLUSIONES.....	63
9. RECOMENDACIONES.....	64
REFERENCIAS.....	65
ANEXOS.....	70

INDICE DE ILUSTRACIONES Y FIGURAS.

Ilustración 1 Diagrama seccionado, circuito de alto voltaje. [5]	25
Ilustración 2 Diagrama electrico seccionado, circuito de bajo voltaje. [5]	36
Ilustración 3 Alimentacion para el circuito de bajo voltaje. [5].....	38
Ilustración 4 Diagrama del sistema electrico del prototipo FSAE Electrico. [5]....	41
Figura 1 Esquema del circuito de alto voltaje. [5]	6
Figura 2 Conectores Molex 171466-9001 [18] y conector 171467-1001 [19] respectivamente.....	7
Figura 3 Conector Delphi modelo RC890.	8
Figura 4. Seguro de desconexión tipo EV EZ. [9]	9
Figura 5 Conector Anderson Power Products SB 2-pole modelo SB350. [10]	9
Figura 6 Interruptor DB 9523 de GIGAVAC para el circuito de HV. [11].....	10
Figura 7 Terminal tipo Ojo. [13].....	10
Figura 8 Cable marca RADAFLEX para alto voltaje. [15]	11
Figura 9 Cable EXTRAD XLE 1000 VOLT para alto voltaje. [17]	12
Figura 10 Esquema del circuito de bajo voltaje. [3]	13
Figura 11 Conector para arnés de cables. [18].....	14
Figura 12 Conectores para sistemas. [19]	15
Figura 13 Conector Harting 2103212230 [21].....	16
Figura 14 Terminales sin soldadura. [19]	17
Figura 15 Cables de tipo MIL-W-22759. [22].....	17
Figura 16 Cable general 76512 [24]	18
Figura 17 Jack Banana para puntos de medición. [3]	19
Figura 18 MDT-A Tubo de pared media con adhesivo. [25].....	19
Figura 19 Cinta de vinilo Scotch. [25].....	20
Figura 20 Funda trenzada SILVYN® SNAP. [26]	20
Figura 21 Tubo aislante de fibra trenzado SEP-R. [27].....	21
Figura 22 Conector Pfisterer plug straight P1 (350205-001). [40].....	30
Figura 23 Conexión Delta. [41]	31
Figura 24 Batería de bajo voltaje [41]	37
Figura 25 Instalación del paquete de baterias. [5]	44
Figura 26 Instalacion del controlador Bamocar D3. [5]	44
Figura 27 Montaje del motor Emrax 228. [5]	45
Figura 28 Montaje del conector HDV. [5].....	46
Figura 29 Montaje del sistema de refrigeracion. [5].....	46
Figura 30 Montaje de la bateria. [5].....	47
Figura 31 Montaje de la caja de fusibles. [5].....	48
Figura 32 Montaje de los interruptores de emergencia. [5].....	48
Figura 33 Montaje de caja de interruptores maestros, puntos de medición y pulsadores de reinicio. [5].....	49
Figura 34 Placa de circuitos de seguridad. [5].....	50

INDICE DE TABLAS.

Tabla 1 Características de los Conectores Molex 171466-9001 y molex 171467-1001.....	8
Tabla 2 Características del Conector Delphi modelo RC890	8
Tabla 3 Características del Conector Anderson Power Products SB 2-pole modelo SB350. [10].....	9
Tabla 4 Características del Interruptor DB de GIGAVAC. [12].....	10
Tabla 5 Características del cable RADAFLEX.	11
Tabla 6 Características del Cable EXRAD XLE.	12
Tabla 7 Características Conector para arnés de cables.	15
Tabla 8 Características de conectores moles minifit Jr.....	15
Tabla 9 Características del Conector Harting 21032122305.	16
Tabla 10 Características de cables de tipo MIL-W-22759.....	17
Tabla 11 Características de Cable general 76512.	18
Tabla 12 Temperaturas máximas admisibles según el tipo de aislamiento [29].....	23
Tabla 13 Factores de corrección de la corriente máxima admisible en función de la temperatura ambiente, para conductores aislados instalados al aire. [29]	23
Tabla 14 Corrientes máximas admisibles para cables de cobre según su agrupamiento y su tipo de aislante. [29]	24
Tabla 15 Componentes del circuito de alta tensión y sus características de funcionamiento. [5]	26
Tabla 16 Consumo de corriente del controlador Bamocar DC/AC.	27
Tabla 17 Selección del cable para el circuito monofásico de alta tensión.	29
Tabla 18 Selección del conector de alimentación del paquete de baterías.....	29
Tabla 19 Selección de conectores de apertura rápida.	29
Tabla 20 Características del Conector Pfisterer plug straight P1 (350205-001.).....	30
Tabla 21 Selección de conector para entrada de alimentación del motor.	33
Tabla 22 Tabla de especificaciones técnicas para conductores de cobre de tipo FXT, TTF o TW-F. [43]	35
Tabla 23 Características de la batería Braille G20.....	37
Tabla 24 Consumos de corriente de los dispositivos de bajo voltaje.....	37
Tabla 29 Denominación y nombre de los dispositivos eléctricos y electrónicos usados en el diagrama del sistema eléctrico del vehículo.	42

1. INTRODUCCIÓN.

La presente investigación constituye un aporte al desarrollo e innovación de los vehículos eléctricos en el Ecuador. Se plantea el diseño e implementación de un sistema eléctrico para un prototipo de vehículo eléctrico basado en la normativa Formula SAE 2017.

La transmisión de la potencia eléctrica y su control, crea la necesidad de diseñar un sistema eléctrico que cumpla con los requerimientos propuestos y las consideraciones de diseño que establece la normativa Formula SAE, por lo que es necesario una investigación sobre el tema.

En la primera fase del proyecto se establece la síntesis de los fundamentos teóricos: descripción de la competencia, reglamento para el diseño del sistema eléctrico, elementos eléctricos (cables, conectores, terminales, aislantes, fundas de protección para arneses de cables) usados en vehículos Formula SAE.

En la segunda fase se pretende encontrar la mejor manera para transmitir la potencia eléctrica desde los acumuladores hacia los diferentes consumidores eléctricos, para lo que se realiza el cálculo de las secciones transversales de los conductores basándose en el criterio térmico para las máximas intensidades admisibles del conductor. Se usa como guía del cálculo el reglamento de baja tensión proporcionado por la Administración Nacional de Usinas y Transmisiones Eléctricas (UTE), adicionalmente como material complementario; la instrucción técnica ITC-BT-07 y ITC-BT-19 del reglamento electro técnico de baja tensión. Posteriormente se realiza la selección de los componentes eléctricos para su implementación en el vehículo eléctrico.

En la tercera fase se presenta el montaje de todos los elementos eléctricos y dispositivos electrónicos en el vehículo, para luego proceder a la conexión de los diferentes circuitos involucrados. Seguido se exhibe las evaluaciones y escrutinios realizados en el sistema eléctrico. Para finalizar se muestra los resultado conclusiones y recomendaciones de la presente investigación.

2. PROBLEMA.

Al ser un prototipo de vehículo eléctrico, su sistema eléctrico no ha sido desarrollado con anterioridad y cuyos parámetros de trabajo del sistema son desconocidos. Por lo tanto, es necesario realizar el diseño y su posterior implementación del sistema eléctrico. Además que al no contar con los elementos de conexión e interacción entre dispositivos eléctricos, es necesario realizar una propuesta de los diferentes elementos tales como; cableado y conexiones eléctricas de alto voltaje y bajo voltaje, para su implementación en el prototipo de vehículo eléctrico y que cumplan con la normativa Formula SAE que rige al proyecto.

a) Antecedentes.

La primera participación del equipo UPS Racing Team en la Formula SAE fue con un monoplaza impulsado por un motor de combustión, esta ocasión el equipo y con el apoyo de las autoridades de la institución suben la apuesta con el proyecto “Diseño y construcción de un vehículo monoplaza eléctrico para competir en la Formula SAE / Student” con lo cual el rediseño será total.

b) Importancia y alcances.

Es de gran importancia realizar de manera técnica el diseño e implementación del sistema eléctrico, acatando las normas de la competencia y esperando de ello el mejor desempeño del sistema, que además será impulsado por un motor eléctrico lo que hace indispensable esta propuesta con miras de lograr una nueva participación de la universidad en tan importante competencia estudiantil.

Con el desarrollo de este proyecto se intenta dar fiabilidad y seguridad a un sistema totalmente nuevo. Además de la importancia de plasmar el trabajo realizado de dicho proceso, serviría como; guía para futuros trabajos equivalentes; el estudio posterior del prototipo por parte de estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz y/o para el mantenimiento en general del mismo. Además se debe incluir la realización de un informe técnico del sistema eléctrico que debe ser presentado en la competencia.

3. OBJETIVOS.

3.1. Objetivo General.

- Realizar el diseño e implementación del sistema eléctrico basado en la normativa formula SAE para un prototipo de vehículo de competencia.

3.2. Objetivos Específicos.

- Realizar una síntesis teórica del cableado y conexiones eléctricas de alto y bajo voltaje usados en vehículos eléctricos equivalentes para visualizar las necesidades del proyecto.
- Dimensionar y seleccionar el cableado y conexiones eléctricas de alto y bajo voltaje, mediante el uso de tablas técnicas para dar cumplimiento a lo que exige la normativa formula SAE.
- Realizar montaje de los diferentes componentes y dispositivos del prototipo y ejecutar pruebas de funcionamiento mediante medición de parámetros eléctricos para; la verificación del cumplimiento de seguridad que exige normativa formula SAE, respaldando la fiabilidad del sistema eléctrico del prototipo.

CAPÍTULO I

4. SÍNTESIS DE LOS FUNDAMENTOS TEÓRICOS.

4.1. Introducción.

En este apartado se realizara una síntesis teórica sobre el sistema eléctrico del vehículo, sus características y los diferentes dispositivos y componentes que forman parte de este.

Se tendrá una breve descripción de lo que es la competencia Formula SAE eléctrico, donde se define los objetivos y las diferentes pruebas a las que será sometido el prototipo de vehículo durante la competencia. También se hará mención sobre el reglamento y la normativa a la cual se debe regir para la elaboración de este proyecto.

Posteriormente se presenta los circuitos eléctricos principales sistema así como sus funciones. Conjuntamente se muestra una síntesis de los diferentes elementos como: cables, conectores y elementos eléctricos y de protección utilizados en otros prototipos de características similares que puedan servir para ser implementados en nuestro prototipo.

4.2. Descripción de la competencia Formula SAE Eléctrico.

La competencia Formula SAE eléctrico es un programa creado por SAE Internacional, el cual es un evento educativo de automovilismo deportivo y consiste en diseñar y concebir un vehículo monoplaza con el mejor paquete global de diseño, fabricación, rendimiento y coste.

Cada equipo de estudiantes de las distintas universidades del mundo diseña, construye y pone a prueba sus prototipos basados en las diferentes normas que establecen los organizadores del evento con la finalidad de garantizar las operaciones en el lugar de competición, además de incentivar en la resolución inteligente de problemas en el proceso.

También se deber realizar un análisis del prototipo como un vehículo de producción realizando un plan de marketing y financiero, destinado para corredores no profesionales de fin de semana.

Los prototipos de monoplazas son evaluados en distintas pruebas estáticas (diseño, costos y presentación de ventas) y dinámicas (aceleración, skid-pad, autocross, eficiencia y resistencia). [1]

4.3. Reglamento y normas de protección para el diseño del sistema eléctrico.

El reglamento establece las normas para el diseño y construcción de un vehículo eléctrico tipo formula SAE y en especial aborda el tema de estudio, se lo puede encontrar en la página oficial de la Formula SAE en el apartado de reglas [2]. Este reglamento o conjunto de normas está establecido por los organizadores de la competencia y lo cuales estandarizan los parámetros para el diseño y construcción de los prototipos. De igual manera también sirven como normas que velan por la seguridad de los equipos tanto para la construcción como para las pruebas a realizarse en la competencia.

El equipo UPS Racing Team se basa en el reglamento Formula SAE 2017/2018 [3] para el diseño y construcción de su nuevo prototipo, en el que reemplaza el motor de combustión interna por un motor eléctrico alimentado por un paquete de baterías.

En el reglamento de la competencia establece las normas que hace referencia a las características que deben cumplir los conductores; así como los diferentes elementos eléctricos, dispositivos electrónicos y las condiciones que deben cumplir para su implementación en el prototipo de vehículo eléctrico. [3]

En el Anexo 1 se presenta la norma International Protection IP65 [4], que el reglamento recomienda su cumplimiento para el escrutinio que debe ser sometido el prototipo por parte de los jueces de la competencia.

4.4. Circuitos principales del sistema eléctrico.

Existen una gran variedad de componentes con diferentes tamaños y formas, así como de distintos materiales utilizados en los mismos, que son usados en el sistema eléctrico del monovolumen tales como: cables, conectores, aislantes, etc.

Es de gran importancia para el diseño y construcción de un prototipo que el equipo seleccione los componentes óptimos que cumplan las distintas normas de diseño dispuestas en el reglamento de la competencia. Estos tendrán que ser los adecuados para las tensiones máximas a las cuales deben trabajar y bajo la influencia de factores como: la temperatura, las vibraciones, la lluvia, el polvo, etc.

4.4.1. Circuito de alto voltaje o circuito HV (High Voltaje).

El reglamento define como parte de la alta tensión o sistema de tracción al circuito que tiene una diferencia de potencial en el que el voltaje de la operación nominal es mayor que 60V DC o sobre 25V AC RMS. [3]

En la siguiente figura se presenta de manera esquemática el circuito de alto voltaje o circuito HV.



Figura 1 Esquema del circuito de alto voltaje. [5]

El circuito de alto voltaje tiene tres componentes principales detallados en la tabla 15. Este circuito consta de dos sub circuitos:

El primero es un circuito monofásico DC al que se lo identifica por la conexión de dos líneas conductoras que conecta el paquete de baterías con el inversor de corriente (Bamocar D3).

El segundo es El circuito de alto voltaje que tiene tres componentes principales: un paquete de baterías, un inversor y un motor eléctrico trifásico asíncrono (EMRAX 228).

Existen otros elementos de conexión y de desconexión que se encuentran entre las líneas conductoras de los circuitos de tal manera que a continuación se presentan algunos modelos de diferentes marcas que han sido utilizados por otros equipos en la competencia de Formula SAE en años anteriores.

4.4.2. Conectores utilizados en el circuito de alto voltaje.

a) Conectores usados para las salidas de alimentación de energía provenientes del paquete de baterías y que conectan los cables de interacción entre la fuente de energía y el controlador. A continuación se muestran algunos ejemplos:

- **Conector 1**

Marca: Molex

Modelo: 171466-9001 y 171467-1001

Descripción:

Este tipo de conector es usado para la unión segura entre el paquete de baterías y las líneas de alimentación de la energía que posteriormente se enlazan al controlador del motor.



Figura 2 Conectores Molex 171466-9001 [18] y conector 171467-1001 [19] respectivamente.

Tabla 1 Características de los Conectores Molex 171466-9001 y molex 171467-1001.

Características		
Modelo	171466-9001 (macho)	171467-1001 (hembra)
Aplicación	alimentación	alimentación
Tipo de impermeable/ anti-polvo	IP6K9K	IP6K9K
Corriente máxima	250.0A	250A
Voltaje máximo	1000V DC	1000V DC
Especificaciones	[6]	[7]

- **Conector 2**

Marca: Delphi.

Modelo: RCS890 High Voltaje.

Descripción:

Este tipo de conector es usado para la unión segura entre el paquete de baterías y las líneas de alimentación de la energía, que posteriormente se enlazan al controlador del motor.



Figura 3 Conector Delphi modelo RC890.

Tabla 2 Características del Conector Delphi modelo RC890

Características		
Modelo	Macho	Hembra
Aplicación	alimentación	alimentación
Tipo de impermeable/antipolvo	IP67, IPX9K	IP67, IPX9K
Corriente máxima	230 A	230 A
Voltaje máximo	1000 V	1000 V
Especificaciones	[8]	[8]

b) Conectores de apertura rápida de la línea entre el paquete de baterías y el controlador. A continuación se muestran algunos ejemplos:

- **Conector 1**

Marca: Anderson Power Products

Modelo: EV EZ (seguro de desconexión) SB 2-pole (SB350)

Descripción:

EV EZ seguro de desconexión, el cual trabaja conjuntamente con conectores eléctricos de Anderson Power Products SB 2-pole modelo SB350, sirven para una desconexión rápida y segura de las líneas de alimentación provenientes de los acumuladores o baterías, de modo que cumple con la normativa de la competencia. [2]



Figura 4. Seguro de desconexión tipo EV EZ. [9]



Figura 5 Conector Anderson Power Products SB 2-pole modelo SB350. [10]

Tabla 3 Características del Conector Anderson Power Products SB 2-pole modelo SB350. [10]

Voltaje Máximo	600 V
Corriente Máxima	450 A
Voltaje que soporta el dieléctrico	2200 V
Rango de temperatura	-40°C a 85°C
Protección	IP10 / IEC60529

- **Conector 2**

Marca: GIGAVAC

Modelo: Battery Switch BD

Descripción:

Conector Battery Switch BD fabricado por GIGAVAC. Este tipo de interruptor también es utilizado para una desconexión rápida de las líneas de alimentación de corriente provenientes de los acumuladores e interrumpe el paso de corriente hacia el controlador.



Figura 6 Interruptor DB 9523 de GIGAVAC para el circuito de HV. [11]

Tabla 4 Características del Interruptor DB de GIGAVAC. [12]

Voltaje Máximo	1000 V
Corriente Máxima	500 A
Voltaje que soporta el dieléctrico	1050 V
Rango de temperatura	-40°C a 85°C
Protección	IP67/IEC529

c) Terminales de conexión para el circuito de alta tensión.

- **Terminal tipo Ojo**

Marca: KSS

Modelo: C50-8

Descripción:

Un terminal de tipo ojo se denomina de esta manera por el agujero que tiene en su cuerpo y el cual sirve para el anclaje mediante un perno conductor en el punto de anclaje del circuito.



Figura 7 Terminal tipo Ojo. [13]

Características:

- Agujero para perno de 8.4 milímetros de diámetro
- 18 milímetros de ancho total y 43 milímetros de largo
- Cavidad para cable de 9.7 milímetros
- Para cables calibre # 1/0 awg.

4.4.3. Cables empleados en el Circuito de alto voltaje.

Cables utilizados por equipos FSAE para el circuito de alta tensión.

• **Cable 1**

Marca: RADAFLEX®

Modelo: F2067380-A

Descripción:

Usado por el equipo Triton Racing en el circuito de alto voltaje de su prototipo. [14]



Figura 8 Cable marca RADAFLEX para alto voltaje. [15]

Tabla 5 Características del cable RADAFLEX.

Voltaje máximo	600 V
Corriente máxima	350 A
Tipo de aislante	PE
Temperaturas nominales	-30°C a 90°C
Tipo de cable	No blindado
Normas	UL 1072

- **Cable 2**

Marca: CHAMPLAIN Cable

Modelo: EXRAD 150 XLE

Descripción:

Usado por el equipo Jayhawk Motorsports de la universidad de Kansas para el circuito de alto voltaje de su prototipo FSAE. [16]



Figura 9 Cable EXRAD XLE 1000 VOLT para alto voltaje. [17]

Tabla 6 Características del Cable EXRAD XLE.

Voltaje máximo	1000 V
Corriente máxima	339 A
Tipo de aislante	XLE
Temperaturas nominales	240°C
Tipo de cable	Blindado
Normas	UL 758

4.4.4. Circuito de bajo voltaje o circuito LV (Low Voltage).

Se define como sistema de baja tensión a cualquier circuito que tenga una tensión por debajo e incluyendo los 60V DC o 25V AC RMS. [3]

En la siguiente figura se presenta un circuito esquemático del sistema de baja tensión o circuito LV proporcionada por el reglamento de la competencia.

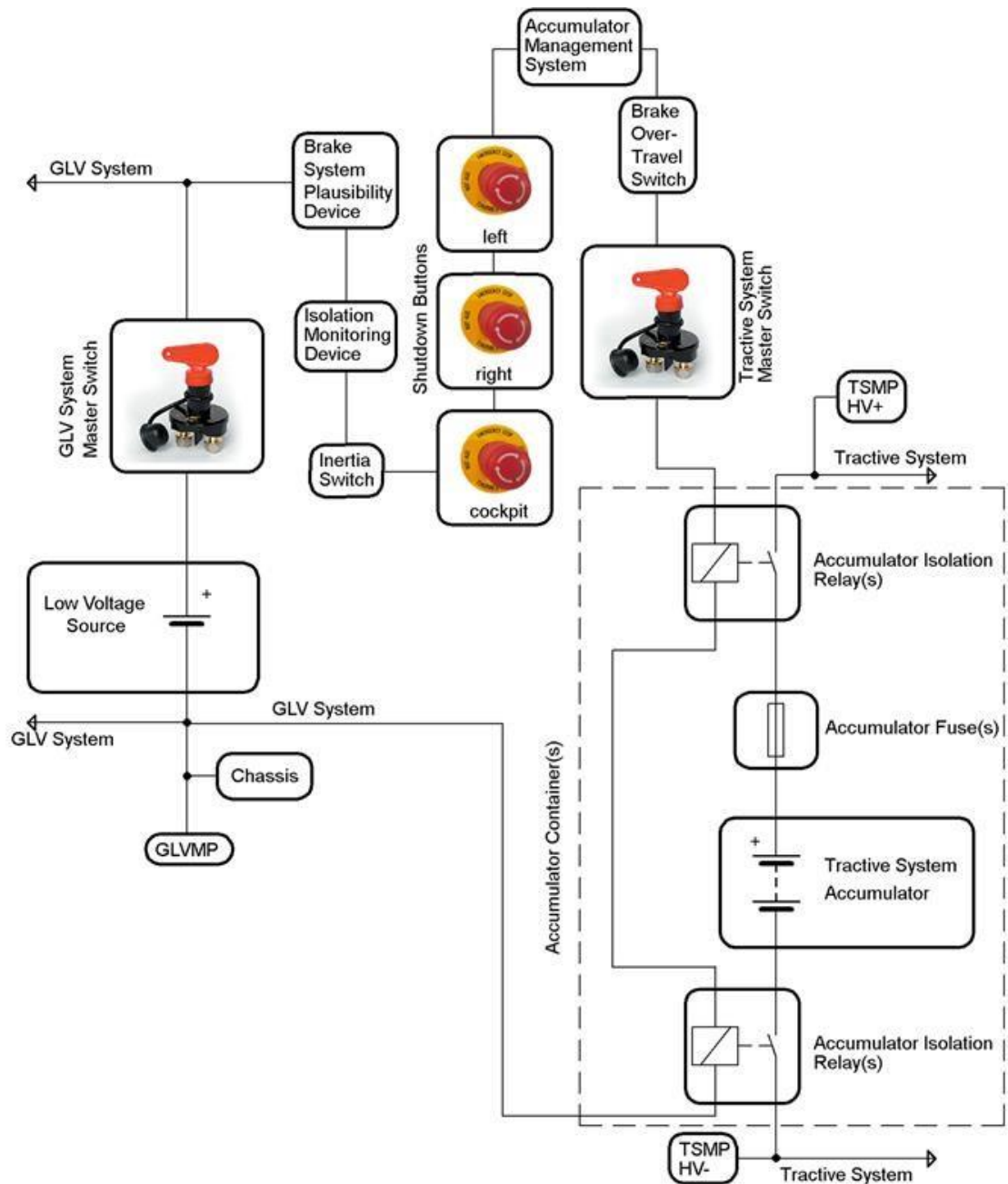


Figura 10 Esquema del circuito de bajo voltaje. [3]

El circuito de bajo voltaje del sistema eléctrico del vehículo tiene varias funciones:

- Alimentar con una baja tensión a los diferentes dispositivos como: sensores, controladores, pantallas de visualización, etc. La tensión de alimentación proviene de una batería de baja tensión (12V).
- Conectar a tierra GLV (ground low voltaje/tierra de bajo voltaje) los diferentes dispositivos montados en el vehículo.

- Servir de puente entre los sensores y los dispositivos de control o transmitir los datos de las señales captadas por los sensores para su posterior procesamiento y respuesta.
- Mediante el uso de un interruptor que controla la apertura o cierre de las líneas de alimentación del circuito; de esta manera permitir o no la conducción del vehículo.
- Otra de las funciones importantes del circuito LV es de servir de puente para la interacción entre los subsistemas por ejemplo; el sistema de tracción y la adquisición de señales.
- Otra de las funciones de este circuito es de tener puntos de medición de los dispositivos los cuales pide o exige el reglamento.

4.4.5. Conectores usados en el circuito de bajo voltaje.

- **Conector 1**

Marca: BMRS (Bronw & Miller Racing Solutions)

Modelo: series HD30

Descripción:

Este conector posee una carcasa de aluminio resistente a diferentes fluidos industriales y resistentes a la inmersión sin la pérdida de las cualidades eléctricas. Es usado para conexiones tales como: dispositivo de plausibilidad del freno, reinicio / enclavamiento de IMD (Insulation Monitoring Device/ Dispositivo de control de aislamiento) y BMS (Battery Management System/Sistema de gestión de la batería), enclavamientos de apagado del sistema. [16]



Figura 11 Conector para arnés de cables. [18]

Tabla 7 Características Conector para arnés de cables.

Características	
Protección.	IP67
Disposiciones de la cavidad	2, 6, 8, 9, 14, 16, 18, 19, 20, 21, 23, 29, 31, 33, 35 y 47
Calibres de cables.	6 a 22 AWG
Rango de temperaturas	-55 ⁰ C to + 125 ⁰ C.
Corriente nominal del contacto	Ver el anexo 2
Especificaciones	[18]

- **Conector**

Marca: Molex.

Modelo: Minifit Jr.

Descripción:

Tienen una gran variedad de tamaño y de números de pines según la necesidad en sus aplicaciones. Conectores usados para para acoplar el lado del circuito de alto voltaje con el de bajo voltaje que conducen al IMD (Insulation Monitoring Device/ Dispositivo de control de aislamiento). [14]

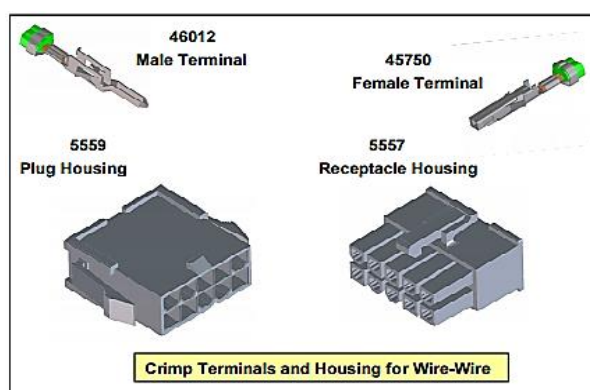


Figura 12 Conectores para sistemas. [19]

Tabla 8 Características de conectores moles minifit Jr.

Características	
Protección.	IP66
Disposiciones de la cavidad	2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24
Calibres de cables.	16, 18, 20 AWG
Rango de temperaturas	-55 ⁰ C to + 105 ⁰ C.
Corriente nominal del contacto	ver el anexo 3
Especificaciones	[19]

- **Conector 3**

Marca: Harting.

Modelo: 21032122305.

Descripción:

Conector usado por el equipo Formula Slug para la conexión de baja tensión del contador de energía. [20]



Figura 13 Conector Harting 2103212230 [21]

Tabla 9 Características del Conector Harting 21032122305.

Características:	
Protección	IP67
Número de contactos	4
Tensión de trabajo	32 V
Corriente de trabajo	4 A
Temperatura de trabajo:	-25 a +85 ° C
Especificaciones.	[21]

- **Conector 3**

Marca: Molex.

Modelo: terminales sin soldadura.

Descripción:

Este tipo de terminales son usados para realizar conexiones a los diferentes puntos de anclaje entre los dispositivos y las líneas de transición del circuito de bajo voltaje. Por ejemplo para la conexión y desconexión rápida del interruptor de inercia al GLVS (Ground Low Voltage System/ Sistema de tierra de baja tensión). [14]



Figura 14 Terminales sin soldadura. [19]

4.4.6. Cables usados en los circuitos de bajo voltaje.

- **Cable 1**

Marca: ALLIED WIRE & CABLE

Modelo: M22759 MIL

Descripción:

Este tipo de cable es utilizado para los circuitos de baja tensión por su fiabilidad, debido a que ha sido diseñado especialmente para su uso en aviones.



Figura 15 Cables de tipo MIL-W-22759. [22]

Tabla 10 Características de cables de tipo MIL-W-22759.

Características:	
Calibre	14 AWG -22 AWG
Conductor	cobre o aleación de cobre
Aislamiento	fluoropolímero
Voltaje	600V
Amperaje	20 A
temperatura:	150 ° C
Especificaciones.	[23]

- **Cable 2**

Marca: General Cable/Carol Brand

Modelo: 76512

Descripción:

Este tipo de cable empleado para las conexiones de bajo voltaje.



Figura 16 Cable general 76512 [24]

Tabla 11 Características de Cable general 76512.

Características:	
calibre	14 AWG – 22 AWG
Conductor	Cobre, recocado desnudo.
Aislamiento	Cloruro de polivinilo (PVC).
Voltaje	600V
Amperaje	8 A
temperatura:	20°C a 105°C
Especificaciones.	[24]

4.4.7. Puntos de medición de alto y de bajo voltaje.

Se pretende cumplir con la normativa establecida por los entes reguladores de la competencia es por lo que se establece los siguientes puntos de medición y comprobación en el vehículo. [3]

1. Es necesario tener un conector desmontable independiente para cada sensor APPS el mismo que debe permitir la comprobación de las funciones que realiza al desconectarlo durante la inspección técnica eléctrica, a su vez también es permitido el uso de una caja conmutable multiconector que permita la desconexión de cada señal APPS.
2. Se requieren dos puntos de medición de voltaje sistema de tracción (TSMP), lo cuales deben ser instalados directamente junto a los interruptores maestros.

3. Se debe instalar un punto de medición de tierra del sistema GLV al lado de la TSMP. Este punto de medición debe estar conectado a tierra del sistema GLV.

4.4.8. Conectores permitidos para la los puntos de medición.

Los conectores permitidos para la toma de señales son de tipo banana cubierto como se muestra como ejemplo en la imagen de abajo. [3]



Figura 17 Jack Banana para puntos de medición. [3]

4.4.9. Aislantes para las uniones y protecciones para cables.

- **Tubos termo retráctiles.**

Marca: 3M

Modelo: MDT-A Tubo de pared media con adhesivo.

Descripción:

Este tipo de tubos o fundas son creados para funciones como: la reparación de la cubierta exterior de un cable, el aislamiento y sellado de cables para baja tensión (hasta 1000V), también utilizadas como empalmes contra la corrosión.

Al aplicarle calor la funda se contrae y conjuntamente con el adhesivo termo fundible queda sellado el elemento. [25]



Figura 18 MDT-A Tubo de pared media con adhesivo. [25]

- **Cintas aislantes.**

Marca: 3M

Modelo: Cinta de vinilo Scotch® 33+ y 35.

Descripción:

Es una cinta aislante eléctrica de altas prestaciones con un poderoso adhesivo sensible a la presión, cuenta con una excelente resistencia mecánica y gran flexibilidad, tiene un comportamiento excelente en temperaturas máximas -40° C a 105° C. resistente a la radiación U.V., ácidos, álcalis. [25]



Figura 19 Cinta de vinilo Scotch. [25]

4.4.10. Fundas de protección para arnés de cables.

- **Funda de protección 1**

Marca: LAPPGROUP

Modelo: funda trenzada SILVYN® SNAP

Descripción:

Ofrece una protección ligera para cables frente a la abrasión y el polvo, agrupación de cables sencilla y rápida. Su estructura es trenzada de Poliéster - Trenza de PET enrollada lateralmente, sus diámetro son Min. 19mm y Máx. 25mm. El rango de temperaturas es -55° C a 150° C. [26]



Figura 20 Funda trenzada SILVYN® SNAP. [26]

- **Funda de protección 2**

Marca: FAVIER

Modelo: Tubo aislante de fibra trenzado SEP-R

Descripción:

Es una Funda aislante trenzada de fibra de vidrio con barniz poliuretano secado UV, ofrece protección contra la abrasión, el polvo, y sirve como aislante eléctrico. Los diámetros pueden ser Mín. 0.5 mm y Máx. 40 mm y el rango de temperaturas es de -30° C a 155° C. [27]

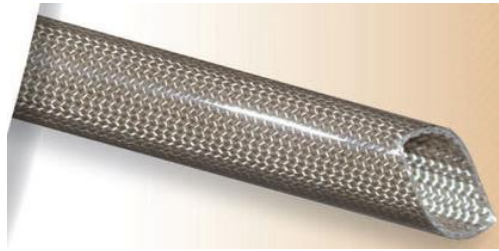


Figura 21 Tubo aislante de fibra trenzado SEP-R. [27]

CAPÍTULO II

5. DIMENSIONAMIENTO DE CABLEADO Y CONEXIONES.

5.1. Introducción.

En este apartado se realizara el cálculo para el dimensionamiento de los conductores del sistema, tanto para el circuito de alto voltaje como para el circuito de bajo voltaje. Para ello se presentara los requerimientos de diseño para el prototipo de vehículo eléctrico y la metodología utilizada para este propósito.

Seguido de esto mediante el uso de matrices de selección se realizara la selección de los diferentes conectores y conductores que cumplen con los requisitos necesarios para su implementación en el nuevo vehículo.

5.2. Cálculo del cableado y conexiones del circuito de alto voltaje.

El cálculo de la secciones de los cables se basa en un criterio térmico para las máximas intensidades admisibles del conductor.

Este criterio se basa el efecto Juele, el cual hace referencia al fenómeno de que cuando un conductor es atravesado por una corriente eléctrica, se produce un calentamiento en el material del conductor debido a dicho efecto.

Este criterio describe lo siguiente:

$$I_Z \cdot \text{factor de correccion} > I_B \quad (1)$$

Donde I_Z es la intensidad admisible por el conductor e I_B es la intensidad de diseño.
[28]

Para el motivo del cálculo nos basaremos en el reglamento de baja tensión proporcionado por la Administración Nacional de Usinas y Transmisiones Eléctricas

de la república oriental de Uruguay (UTE) [29], adicionalmente como material complementario; la instrucción técnica ITC-BT-07 y ITC-BT-19 del reglamento electro técnico de baja tensión [30], la norma española UNE 20460-5-523 del 2004 [31] y la Guía-BT-19 [32].

Tabla 12 Temperaturas máximas admisibles según el tipo de aislamiento [29]

Tipo de Aislamiento	Representación	Temperatura máxima en el conductor °C
Cloruro de Polivinilo	V	70
Goma butílica	B	85
Etileno - Propileo	D	90
Polietileno Reticulado	R	90
Papel impregnado	P	80

Los factores de corrección han sido obtenidos de la tabla XIV del reglamento de baja tensión UTE:

Tabla 13 Factores de corrección de la corriente máxima admisible en función de la temperatura ambiente, para conductores aislados instalados al aire. [29]

Tipo de aislamiento	Temperatura máxima en el conductor °C														
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
V	1.15	1.10	1.05	1	0.94	0.88	0.82	0.75	0.67	0.58	0.47	-	-	-	.
B	1.13	1.09	1.04	1	0.97	0.91	0.87	0.82	0.77	-	-	-	-	-	.
D	1.11	1.07	1.04	1	0.96	0.92	0.88	0.83	0.79	-	-	-	-	-	.
R	1.11	1.08	1.04	1	0.96	0.92	0.88	0.84	0.79	0.73	0.68	0.63	0.56	0.48	0.39
P	1.13	1.08	1.04	1	0.96	0.91	0.87	0.79	0.73	-	-	-	-	-	.

El valor I_z será seleccionado de la ilustración de la Tabla IV obtenida del reglamento de baja tensión UTE.

Tabla 14 Corrientes máximas admisibles para cables de cobre según su agrupamiento y su tipo de aislante. [29]

Tabla de corriente admisible para cables aislados con conductor de cobre, instalados a la intemperie (servicio permanente) t=25																				
	1 Terna de cables unipolares					1 Cable tripolar o tetrapolar					2 Cables unipolares					1 Cable bipolar				
Sección nominal mm ²																				
	V	B	D	R	P	V	B	D	R	P	V	B	D	R	P	V	B	D	R	V
1.5	19	21	21	21	35	18	20	19	19	18	26	29	31	31		24	26	29	29	
2.5	26	29	30	30	45	25	28	29	29	21	35	39	41	41		31	35	38	38	
4	35	39	40	40	57	33	37	39	39	30	47	52	43	43		41	46	50	50	
6	45	51	51	52	73	42	47	49	50	41	59	69	73	73		53	63	66	66	
10	62	70	71	73	94	59	66	65	68	59	83	92	97	97		77	89	90	90	
16	84	93	95	98	120	77	86	91	93	83	112		131	131		99	109	117	117	
25	113	126	131	137	153	103	115	120	125	106	148	167	177	177		136	150	157	157	
35	135	155	160	165	188	124	138	148	154	130	183	201	217	217		165	184	194	194	
50	171	190	199	205	230	153	173	182	188	165	218	242	257	257		195	219	228	228	
70	218	247	256	262	295	195	219	228	239	212	271	305	319	325		242	276	291	291	
95	277	310	319	325	360	242	270	285	296	260	336	283	393	399		301	339	353	353	
120	324	362	370	382	413	283	316	331	342	295	389	437	456	462		348	397	410	410	
150	372	414	427	439	484	324	362	382	399	348	443	495	519	530		401	472	467	473	
185	431	483	502	513	549	372	420	439	456	395	507	564	559	610		460	518	542	553	
240	513	563	587	610	631	436	500	524	542	448	596	667	701	718		543	610	638	644	
300	590	655	678	701	726	502	569	593	621	519	684	771	763	832		631	707	741	752	
400	690	759	798	821	796	584	661	695	735	590	785	886	929	958		732	822	866	878	
500	785	874	912	940	879						897	995	1043	1083						
630	903	1000	1043	1083	964						1038	1167	1231	1254						
800					1032															
1000					1092															

Para el uso de este método de obtención de las secciones transversales de un conductor debido a las corrientes máximas admisibles del conductor debemos saber los consumos de corriente de que tendrán nuestros equipos.

5.2.1. Requerimientos de diseño para el circuito alto voltaje.

El UPS Racing Tema ha establecido algunos parámetros iniciales, entre los que se encuentran el uso de un único motor eléctrico EMRAX 228, un paquete de baterías compuesto por 5 módulos y un controlador Bamocar D3. Esto en cuanto al sistema de alto voltaje.

Es necesario escoger los conectores y terminales adecuados para la instalación del cableado en los diferentes puntos de anclaje.

En el apartado *EV4. 5. Sistema de Aislamiento de tracción, el cableado y los conductos*, establecidos por la normativa de la competencia nos da las pautas a considerar para el diseño del cableado del vehículo.

A continuación se presenta el circuito de alta tensión y las características de estos elementos:

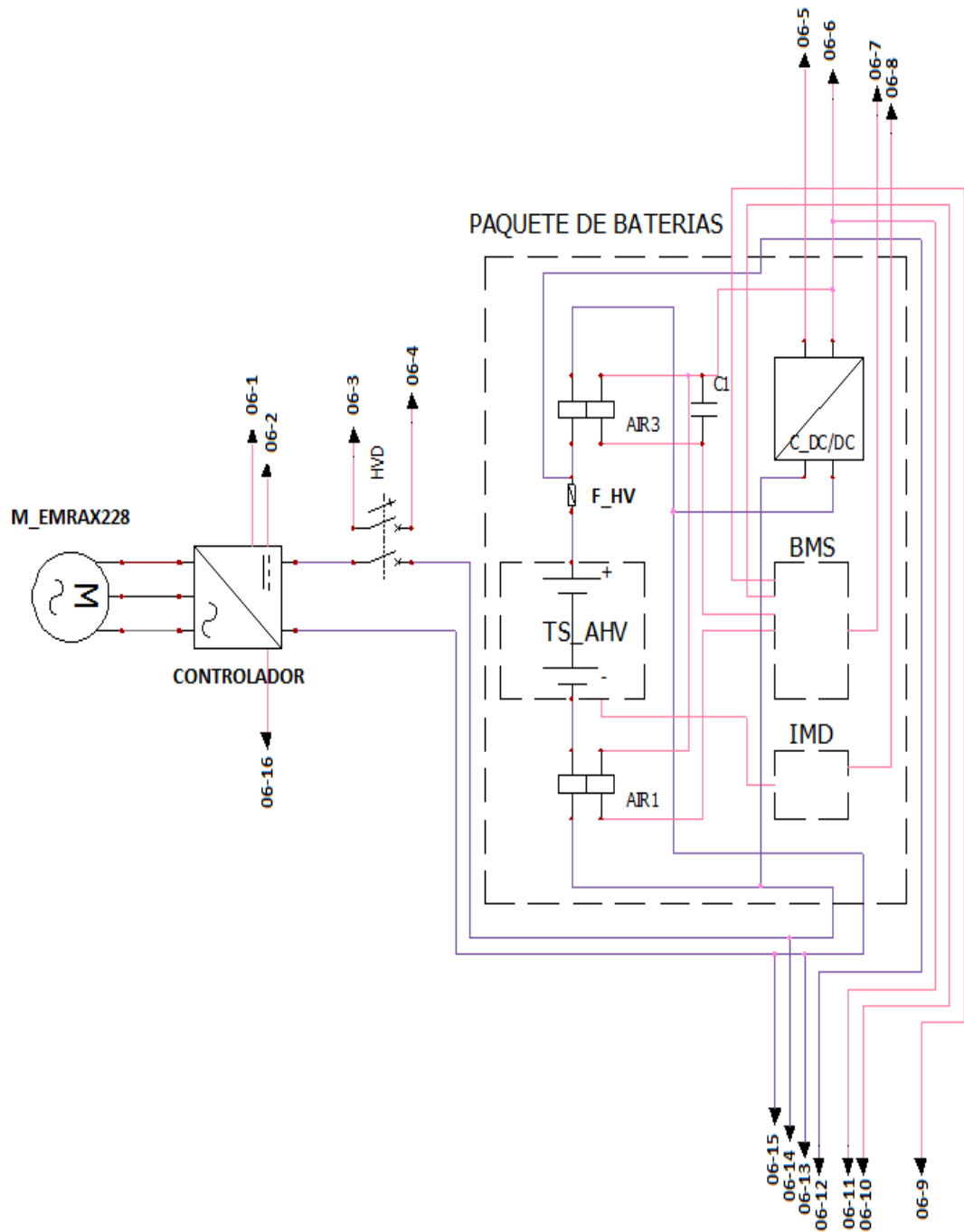


Ilustración 1 Diagrama seccionado, circuito de alto voltaje. [5]

Tabla 15 Componentes del circuito de alta tensión y sus características de funcionamiento. [5]

PAQUETE DE BATERÍAS	CONTROLADOR BAMOCAR D3	MOTOR EMRAX 228
<p>Características</p> <ul style="list-style-type: none"> - 100 celdas de 4,08 V - 5 módulos de 81,6 V cada uno (conectados en serie) - Voltaje total del paquete = 408 V - Corriente (continua) = 100 A - Corriente (máx) = 200 A - Almacenaje de energía= 8,16 kWh <p>EiG Celdas [33]</p> <p>BMS [34]</p> <p>BMS mid Bank [35]</p>	<p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Corriente (max) = 400 A - Corriente (cont) = 200 A - Potencia (cont) = 80 kW - Voltaje de entrada DC = 24 – 400 V <p>Especificaciones [36]</p> <p>Manual [37]</p>	<p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Especificación del medio de enfriamiento = Entrada WF 8 l/ min - 40 ° C; Aire ambiente 25 ° C - Peso = 12,3 kg - Rango de voltaje de la batería [Vdc] = 50 – 600 V (Vmax. =700 - para obtener 6500RPMp) - Pico de potencia del motor = 100 KW - Potencia continua del motor = 28 – 42 KW - Máxima corriente del motor = 240 [Arms] - Corriente continua del motor = 115 [Arms] <p>Especificaciones [38]</p> <p>Manual [39]</p>

Cabe recalcar que en el circuito de alto voltaje está compuesto por dos circuitos eléctricos: el primero es un circuito monofásico de corriente DC y el segundo corresponde a un circuito trifásico de corriente AC.

5.2.2. Cálculo de la sección monofásica.

El circuito monofásico de corriente continua está compuesto por dos conductores uno positivo y otro negativo que conducen la de energía eléctrica proveniente del paquete de baterías hasta el controlador.

Los cables serán dos conductores unipolares de cobre aislados.

Según el *artículo 4* de la normativa de la competencia apartados 4.5.4 y 4.5.5 estipulan el índice de temperatura mínima aceptable para los cables del sistema de tracción es de 90 ° C, para ellos acudimos a la tabla 12 de Temperaturas máximas admisibles según el tipo de aislamiento y escogemos el tipo de aislante que cumpla dichos requerimientos.

Se exigirá un aislante de tipo etileno-propileno (EPR) o polietileno reticulado (XLPE) o equivalente.

Consumo del controlador:

Tabla 16 Consumo de corriente del controlador Bamocar DC/AC.

Corriente	Valor
Continua	100 A
Máxima o pico	200 A

Para dimensionar el calibre del conductor adecuado utilizaremos la corriente máxima de consumo de 200 A la cual vendría ser la intensidad de diseño I_B .

El factor de corrección que se usara es de 1, de acuerdo a la tabla 13.

Se escogió este factor debido a que las temperaturas promedio en el lugar de la competencia tienen una tendencia a los 25 °C.

De la expresión de (1) de criterio térmico se obtiene:

$$I_Z > \frac{I_B}{\text{factor de correccion}}$$

$$I_Z > \frac{200 A}{1} = 200 A$$

Analizando la Tabla 14 se observa que la sección mínima que necesitamos es de 35 mm² que corresponde a una intensidad máxima admisible de 217 A.

Nota: En caso de no coincidir la corriente de máximas admisible de la tabla con la corriente máxima admisible calculada, se procederá a escoger la corriente inmediata superior.

Para determinar el calibre AWG de esta sección transversal del conductor se recurrirá a la tabla del anexo 4, donde 35 mm² equivale al calibre 1 AWG.

Nota: En caso de no coincidir la sección del conductor seleccionado de la tabla de corrientes máximas admisibles con el de la tabla de conversión de secciones transversales, se procederá a escoger la sección inmediata superior.

5.2.3. Selección de cables para la sección monofásica.

Para la selección del modelo y marca cable apropiado, se la realizara mediante matrices de decisión, lo cual consiste en una comparación de las cualidades de los productos, verificando en ellas el cumplimiento de los requerimientos de diseño propuestas en el apartado anterior y seleccionado el producto que cumpla y contenga las mejores cualidades.

Estas cualidades se les aportaran una valoración por colores en comparación con los requerimientos de diseño, siendo:

- Verde = cumple los requerimientos de diseño.
- Amarillo = equivalente a los requerimientos de diseño.
- Rojo = no cumple los requerimiento de diseño.

Tabla 17 Selección del cable para el circuito monofásico de alta tensión.

Marca	Modelo	Amperaje	Voltaje	Tipo de aislamiento	Temperatura	Blindado	Norma
RADAFLEX	F2067380-A	350 A	600 V	TPE	30°C a 90 °C	NO	UL 1072
VIKON	Cable MV-90 XLPE-PVC 5kV-35kV	180 A	5 kV a 35 kV	XLPE-PVC	90 °C	SI	UL 1072
CHAMPLAIN Cable	EXRAD 150 XLE	293 A	1000 V	XLE	-70°C a 150°C	SI	ISO 6722-1, UL758

El cable utilizado será un cable EXRAD 150 XLE de calibre 1 AWG de la marca CHAMPLAIN Cable.

5.2.4. Selección de conectores de la sección monofásica.

a) Conectores de alimentación del paquete de baterías.

Tabla 18 Selección del conector de alimentación del paquete de baterías.

Marca		Modelo	Amperaje	Voltaje	Temperatura	Norma de protección
MOLEX	macho	171466-9001	250 A	1000 V DC	-70 °C a 150 °C	IP6K9K
	hembra	171467-1001	250 A	1000 V DC	-70 °C a 150 °C	IP6K9K
DELPHI	macho	RCS890 MALE Bus Bar TERMINAL	220 A	1000 V DC	-40 °C a 125 °C	IP67, IPX9K
	hembra	RCS890 2-WAY FEMALE TERMINAL	220 A	1000 V DC	-40 °C a 125 °C	IP67, IPX9K

El equipo por motivo de adquisición y estética decidió el uso de los conectores de la marca DELPHI.

b) Conectores de apertura rápida de la línea entre el paquete de baterías y el controlador.

Tabla 19 Selección de conectores de apertura rápida.

Marca	Modelo	Amperaje	Voltaje	Temperatura	Norma
Anderson Power Products	Seguro de desconexión EV EZ & conector SB 2-pole modelo SB350	450 A	600 V	-40°C a 85°C	IP10 / IEC60529
GIGAVAC	Interruptor DB9523	500 A	1000 V	-40°C a 85°C	IP67/IEC529
Hirose Electric Co Ltd	EM30MSD	200A	1500 V	-40°C a 105°C	IP68

El conector de apertura rápida que será implementado es de la marca Hirose Electric Co Ltd, modelo interruptor EM30MSD [40]. Se decidió el uso de este dispositivo en comparación al modelo de Gigavac debido a sus dimensiones las cuales son más compactas.

c) Conectores para la entrada de alimentación del controlador Bamocar.

Este conector viene incluido en el controlador por lo cual no es necesario una selección del mismo, pero se lo da conocer a continuación. [37]



Figura 22 Conector Pfisterer plug straight P1 (350205-001). [41]

Tabla 20 Características del Conector Pfisterer plug straight P1 (350205-001.)

Características	
Protección	IP67 / UL 94
Tención AC	1 kV
Tención DC	1,25 kV
Corriente	400 A
Rango de temperaturas	-40°C to +125°C
Especificaciones	[41]

5.2.5. Cálculo de la sección trifásica.

Para el cálculo de la sección trifásica del circuito de alto voltaje se debe tener en cuenta que el motor EMRAX 228 tiene un circuito con una conexión delta como se muestra esquemáticamente a continuación.

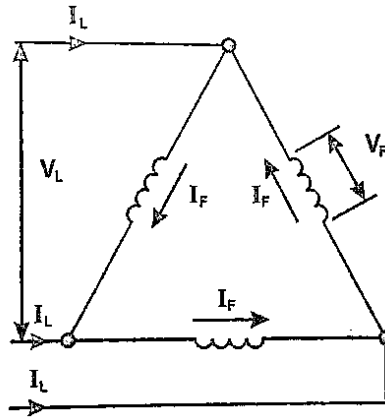


Figura 23 Conexión Delta. [42]

Donde:

$$V_L = V_F \quad (2) \quad \text{y} \quad I_L = \sqrt{3} * I_F \quad (3) \quad [42]$$

V_L Voltaje de línea. V_F Voltaje de fase. I_L Intensidad de línea. I_F Intensidad de fase.

Los datos utilizados para el cálculo de las secciones transversales de los conductores referentes a la parte trifásica del circuito de alta tensión serán los mismos proporcionados en la Tabla 16 Consumo de corriente del controlador Bamocar DC/AC.

El consumo de corriente máximo de 200 A se lo denomina intensidad de línea, ya que es el amperaje que proporciona el controlador.

El voltaje de línea será el valor máximo de voltaje proporcionado por el controlador, el mismo que es de 408 V. Ver Tabla 15.

Cálculo:

Dado la expresión (2) tenemos:

$$V_F = 408 \text{ V}$$

De la expresión (3) se obtiene:

$$I_F = \frac{I_L}{\sqrt{3}}$$

Donde:

$$I_F = \frac{200 A}{\sqrt{3}} = 115,4701 A$$

Según la norma ITC-BT-47 Instalación de Receptores - Motores, los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125 % de la intensidad a plena carga del motor. [30]

Por lo que la intensidad de diseño I_B será:

$$I_B = I_F * 1,25 \quad (4)$$

Donde:

$$I_B = 115,4701 A * 1,25 = 144,3376 A$$

Para dimensionar el calibre del conductor adecuado utilizaremos la corriente de diseño I_B obtenida.

El factor de corrección será el mismo empleado en el cálculo de la sección monofásica del circuito de alta tensión.

De la expresión de (1) de criterio térmico se obtiene:

$$I_Z > \frac{I_B}{\text{factor de correccion}}$$

$$I_Z > \frac{144,3376 A}{1} = 144,3376 A$$

Analizando la Tabla 14, en la columna de 1 terna de cables unipolares con aislamiento de tipo R (polietileno reticulado), se observa que la sección mínima que necesitamos es de 35 mm² que corresponde a una intensidad máxima admisible de 165 A. El calibre según los resultados obtenidos, corresponde a un calibre 1 AWG.

5.2.6. Selección de cables para la sección trifásica.

El cable utilizado será al igual que en la sección monofásica un cable EXTRAD 150 XLE de calibre 1 AWG de la marca CHAMPLAIN Cable.

5.2.7. Selección de conectores de la sección trifásica.

a) Conector para la salida del controlador Bamocar.

El conector que se utilizara es el mismo empleado en la entrada de alimentación del controlador, es un conector Pfisterer plug straight P1 (350205-001.). La información complementaria del conector se encuentra en el apéndice c) de la Selección de conectores de la sección monofásica.

b) Conectores para la entrada del motor.

Tabla 21 Selección de conector para entrada de alimentación del motor.

Marca	Modelo	Calibre de cable	agujero para perno
KSS	C50-8	1/0 AWG	M8
Evwest	Heavy Duty Ring Terminal	1/0 AWG	M8
Molex	VersaKrimp™ Terminals and Splices	1/0 AWG	M8

Por motivo de facilitar la adquisición el equipo ha optado por el uso del terminal de la marca KSS modelo C50-8.

5.3. Cálculo de cableado y conexiones del circuito de bajo voltaje.

Para la selección de las secciones transversales correspondientes a los cables utilizados en el circuito de bajo voltaje se utilizara la tabla de especificaciones técnicas para conductores de cobre de tipo FXT, TTF o TW-F del grupo Electro Cables.

Por motivos de implementación y adquisición oportuna se decidió escoger la marca ELECTROCABLES S.A. reconocida en el medio, que además cumple con lo requerido técnicamente para la su implementación en sistema eléctrico.

- **Aplicaciones.-** Los conductores flexibles de cobre tipo FXT, TTF y TW-F son utilizados para alambrado de aparatos, cableado de tableros eléctricos de control, baterías de vehículos, instalaciones generales industriales y comerciales donde se requiera de gran flexibilidad debido a las dificultades de trabajo y en general como cables sometidos a continuo movimiento, tal como se especifica en el Nacional Eléctrica Code. Este tipo de conductor puede ser usado en lugares secos y húmedos, su temperatura máxima de operación es 60 °C y su tensión de servicio para todas las aplicaciones es 600 V. [43]
- **Normas y especificaciones.**
 - **ASTM B-172:** Cables extra flexibles de cobre formados por manojos de cables trenzados, para conductores eléctricos.
 - **ASTM B-174:** Cables flexibles de cobre trenzados, para conductores eléctricos.
 - **UL-62:** Cordas flexibles y alambres, para uso eléctrico.
 - **UL - 83:** Alambres y cables aislados con material termoplástico.
 - **NEMA WC-5:** Alambres y cables aislados con material termoplástico (ICEA S-61-402) para transmisión y distribución de energía eléctrica.
 - Además de todos los requerimientos del National Electrical Code.

Tabla 22 Tabla de especificaciones técnicas para conductores de cobre de tipo FXT, TTF o TW-F. [43]

CALIBRE AWG ó MCM	SECCIÓN mm²	FORMACION No. de hilos por diámetro mm.	ESPEJOR AISLAMIENTO mm.	DIAMETRO EXTERIOR mm.	CAPAC. DE CORRIENTE para 1 conductor al aire libre Amp.	TIPO CABLE
24	0,205	7 x 0,20	0,51	1,63	---	FXT
22	0,324	11 x 0,20	0,51	1,78	---	FXT
20	0,519	17 x 0,20	0,76	2,47	5	FXT
18	0,823	12 x 0,30	0,76	2,72	7	TFF
16	1,31	19 x 0,30	0,76	3,02	10	TFF
14	2,08	30 x 0,30	1,14	4,17	25	TW-F
12	3,31	25 x 0,41	1,14	4,67	30	TW-F
10	5,26	40 x 0,41	1,14	5,26	40	TW-F
8	8,37	7 x (17x0,30)	1,52	7,31	60	TW-F
6	13,3	7 x (27x0,30)	1,52	8,38	80	TW-F
4	21,15	7 x (24x0,41)	1,52	9,8	105	TW-F
2	33,62	7 x (18x0,60)	1,52	11,55	140	TW-F
1	42,36	7 x (21x0,60)	2,03	13,62	165	TW-F
1/0	53,49	19 x (10x0,60)	2,03	15,09	195	TW-F
2/0	67,43	19 x (13x0,60)	2,03	16,23	225	TW-F
3/0	85,01	19 x (16x0,60)	2,03	17,86	260	TW-F
4/0	107,2	19 x (20x0,60)	2,03	19,49	300	TW-F
250	127	37 x (12x0,60)	2,41	22,23	350	TW-F
300	152	37 x (15x0,60)	2,41	23,53	375	TW-F
350	177	37 x (17x0,60)	2,41	24,73	420	TW-F
400	203	37 x (20x0,60)	2,41	26,42	455	TW-F
500	253	37 x (25x0,60)	2,41	28,97	515	TW-F
600	304	37 x (30x0,60)	2,79	32,03	575	TW-F
700	355	37 x (34x0,60)	2,79	33,74	630	TW-F
750	380	37 x (37x0,60)	2,79	34,96	655	TW-F
800	405	37 x (39x0,60)	2,79	35,74	680	TW-F
900	456	37 x (44x0,60)	2,79	37,62	730	TW-F
1000	507	37 x (49x0,60)	2,79	39,39	780	TW-F

5.3.1. Requerimientos de diseño para el circuito bajo voltaje.

A continuación, se presenta el diagrama del sistema eléctrico que hace referencia al circuito de bajo voltaje, también se presenta los requerimientos necesarios para el diseño del circuito y del sistema en general.

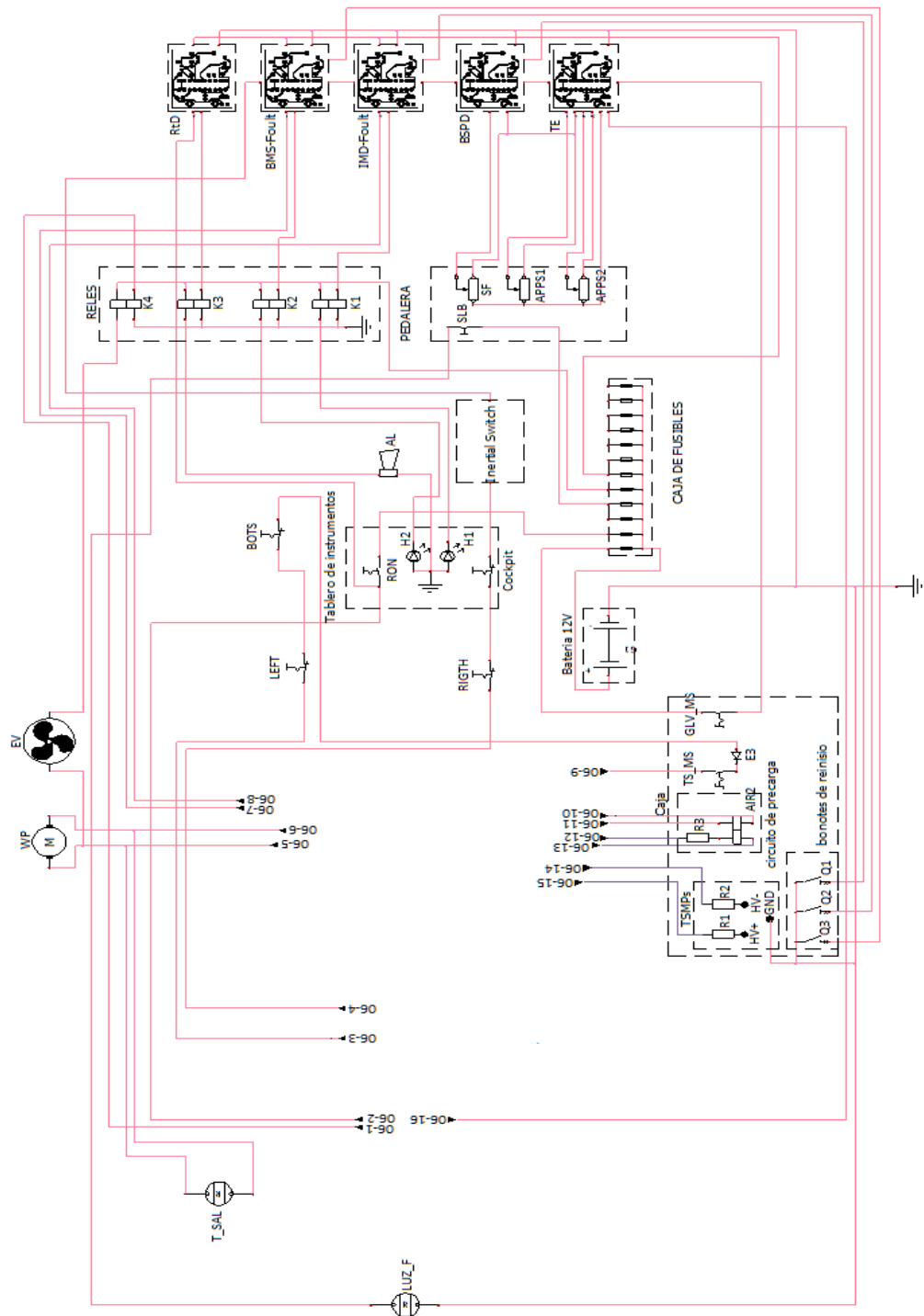


Ilustración 2 Diagrama electrico seccionado, circuito de bajo voltaje. [5]

El equipo UPS Racing Team ha escogido una batería de la marca Braille modelo G20 para la alimentación del circuito de bajo voltaje.



Figura 24 Batería de bajo voltaje [44]

Tabla 23 Características de la batería Braille G20.

Características	
Voltaje	12 V
Voltaje total de la carga	13,8 V
Amperaje	12 Ah
Especificaciones	[44]

A continuación se presenta un listado de los dispositivos eléctricos y electrónicos que forman parte del circuito de bajo voltaje, a su vez se muestra los consumos de corriente de estos dispositivos y su sumatoria total.

Tabla 24 Consumos de corriente de los dispositivos de bajo voltaje.

Dispositivo	Especificaciones	Numero de dispositivos	Consumo de corriente c/u	Consumo de corriente de los dispositivo
Controlador Bamocar D3 400-400	[37]	1	4,0 A	4,0 A
BMS (sistema de gestión de batería)	[45]	1	1,25 A	1,25 A
Dispositivo de vigilancia del aislamiento (IMD)	[46]	1	0,15 A - 2,0 A	2,0 A
Dispositivo de plausibilidad del sistema de frenos (BSPD)	[47]	1	0,05 A	0,05 A
Circuito de aceleración	[47]	1	0,05 A	0,05 A
Circuito Falla de IMD	[47]	1	0,02 A	0,02 A
Circuito Falla de BMS	[47]	1	0,02 A	0,02 A
Circuito de sonido RtD	[47]	1	0,02 A	0,02 A
Relés de estado sólido (AIRs)	[48]	3	0,23 A	0,7 A
Interruptor de inercia.	[49]	1	0 A	0 A
Sensor de acelerador	[50]	3	0,016 A	0,032 A
Relés	[51]	4	0,033 A	0,09 A
Luz led	[52]	2	0,025 A	0,05 A
Consumo total de corriente				8,822 A

5.3.2. Cálculo y selección de las líneas de alimentación del circuito de bajo voltaje.

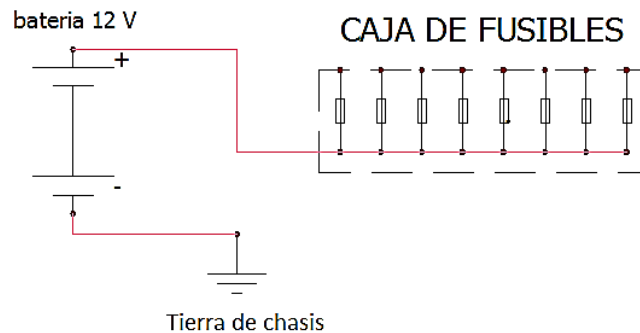


Ilustración 3 Alimentación para el circuito de bajo voltaje. [5]

Para proceder a realizar el cálculo del calibre y la selección del conductor que alimentan a la caja de fusibles y a su vez la línea de conexión a tierra del chasis con el borne negativo de la batería, se utilizara como intensidad nominal del circuito el resultado de la suma de las corrientes nominales de consumo de cada dispositivo alimentado por la batería de 12 V.

Los diferentes dispositivos que comprenden el circuito de bajo voltaje descritos en la tabla anterior tienen una conexión individual procedente de la caja de fusibles.

Datos: La corriente nominal será de 8,82 A y el voltaje será de 12 V proporcionado por la batería de baja tensión.

Analizando columna 6 de amperajes máximos la tabla 23 y comparando con la corriente nominal (8,82 A) del circuito de baja tensión, da como resultado un calibre 16 AWG concerniente a una intensidad máxima de 10 A y un cable de tipo TFF.

Nota: Para la puesta a tierra de la batería de bajo voltaje se empleara un cable de la misma dimensión y capacidad calculado para la alimentación de la caja de fusibles.

5.3.3. Cálculo y selección de las líneas de alimentación para cada dispositivo del circuito bajo voltaje.

Para la implementación se utilizara un conductor calibre 18 AWG de tipo TFF, capaz de soportar una intensidad máxima de 7 amperios. Los motivos por la selección de dicho conductor se los detalla a continuación:

- El equipo UPS Racing Team al estar contra el reloj para finalizar la construcción del prototipo y la no disponibilidad de calibres inferiores en el medio local, ha optado el uso de este calibre de conductor.
- Los dispositivos del circuito de bajo voltaje tienen consumos inferiores al cable seleccionado, siendo el mayor consumidor Controlador Bamocar D3 400-400, que tiene un consumo máximo de 4 A.
- Otro motivo es facilitar la implementación al momento del montaje, evitando la confusión que pueda provocar el uso de cables con diferentes calibres en el mismo arnés.
- El uso de terminales de una sola dimensión, facilitando de esta manera el conexionado de los diferentes dispositivos y elementos del sistema.

CAPÍTULO III

6. MONTAJE Y EVALUACIÓN.

En este apartado se realizara el montaje de los diferentes dispositivos que intervienen en el sistema eléctrico del prototipo en construcción, además de los cables, terminales y las conexiones usadas para su interacción entre subsistemas o dispositivos.

Adicionalmente se presenta los procesos de acoplamiento entre cables y conectores.

También se muestra las pruebas y evaluaciones realizadas para la validación de los cables escogidos para la implementación y de las conexiones realizadas en el nuevo prototipo Formula SAE.

6.1. Diagrama del sistema eléctrico, del prototipo de vehículo eléctrico para competencia basado en la normativa Formula SAE.

A continuación se muestra el diagrama eléctrico completo, el mismo que sirve como punto de referencia para realizar el conexionado del sistema eléctrico del vehículo prototipo.

El diagrama está basado en las sugerencias y exigencias de la normativa de la competencia, así como también en las necesidades del vehículo tanto en seguridad como en funcionalidad.

Como se puede observar en la siguiente ilustración el sistema eléctrico abarca los circuitos de alto voltaje y los de bajo voltaje, además de su interacción entre ambos.

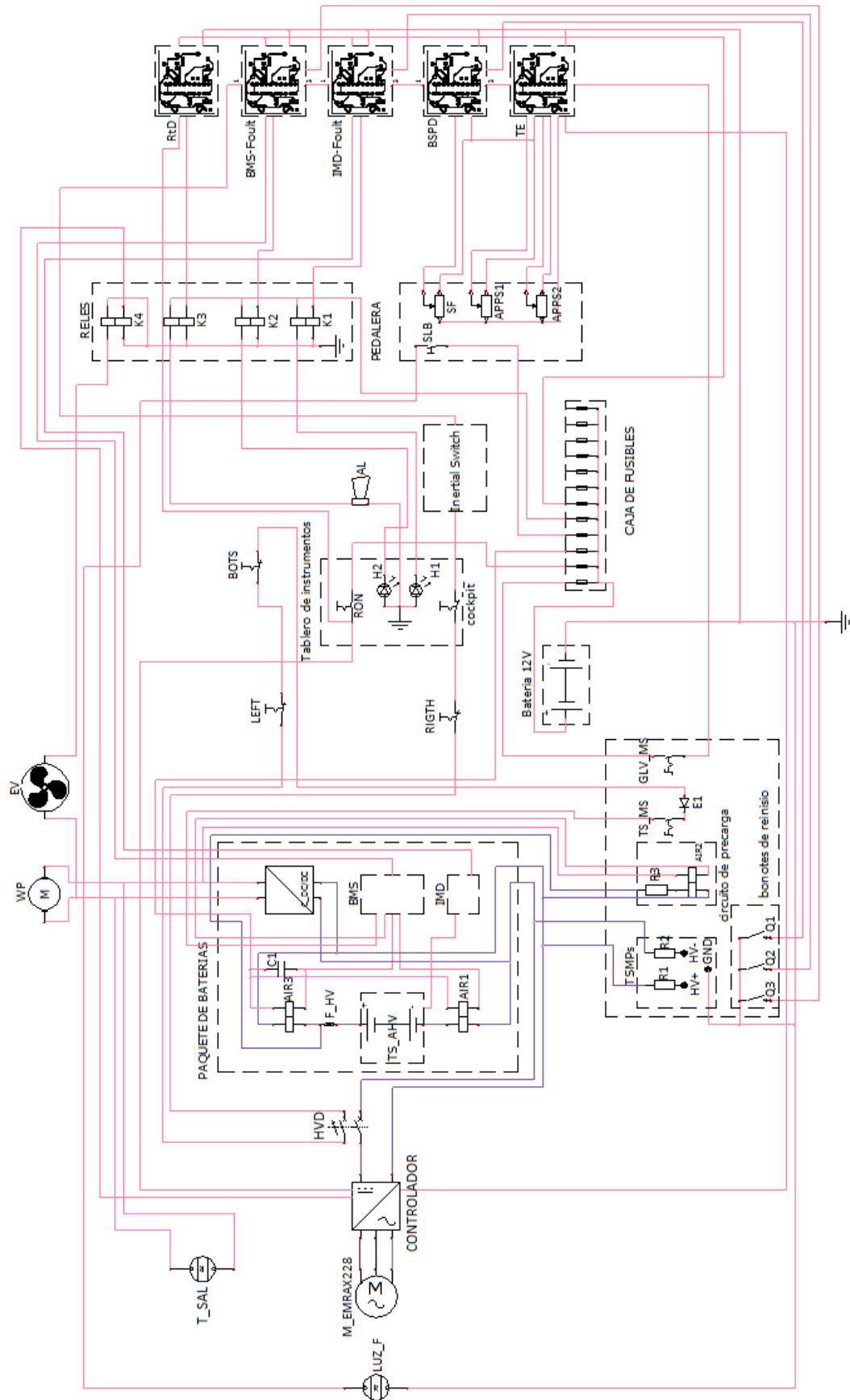


Ilustración 4 Diagrama del sistema eléctrico del prototipo FSAE Electrico. [5]

En la siguiente tabla se muestra la representación y la denominación de los componentes que conforman el sistema eléctrico del nuevo vehículo FSAE Eléctrico de la Universidad Politécnica Salesiana.

Tabla 25 Denominación y nombre de los dispositivos eléctricos y electrónicos usados en el diagrama del sistema eléctrico del vehículo.

ALTO VOLTAJE	
REPRESENTACION	NOMBRE
TS_AHV	Acumuladores alto voltaje
BMS	Sistema de gestión de baterías
IMD	Dispositivo de monitoreo del aislamiento
C_DC/DC	Convertidor de voltaje DC/DC
F_HV	Fusible de alto voltaje
C1	Capacitor.
AIR1	Relé de estado sólido 1
AIR2	Relé de estado sólido 2
AIR3	Relé de estado sólido 3
HDV	Interruptor de alto voltaje
CONTROLADOR	Controlador Bamocar D3
M_EMRAX228	Motor eléctrico Emrax 228
R1	Resistencia 1 (500 ohm)
R2	Resistencia 2(15K ohm)
R3	Resistencia 3(15K ohm)
BAJO VOLTAJE	
REPRESENTACION	NOMBRE
BATERIA 12V	Acumulador de 12 voltios
CAJA DE FUSIBLES	Caja de fusibles
GLV_MS	Interruptor maestro de bajo voltaje
TS_MS	Interruptor maestro del sistema de tracción
BOTS	Interruptor de sobre vuelo del freno
Rigth	Interruptor de emergencia derecho
left	Interruptor de emergencia izquierdo
cockpit	Interruptor de emergencia de piloto
RON	Interruptor de marcha
Inertial Swich	Interruptor de inercia
SLB	Interruptor de la luz de freno
SF	Sensor del pedal del freno
APPS1	Sensor 1 del pedal del acelerador
APPS2	Sensor 2 del pedal del acelerador
TE	Circuito codificador del acelerador
BSPD	Circuito de plausibilidad del Freno
IMD-Foult	Circuito de falla del dispositivo de monitoreo del aislamiento

BMS-Fault	Circuito de falla del sistema de gestión de acumuladores
RtD	Circuito del sonido de listo para la conducción
K1	Relé del indicador óptico de falla del IMD
K2	Relé del indicador óptico de falla del BMS
K3	Relé del indicador acústico listo para la conducción
K4	Relé del electro ventilador.
AL	Indicador acústico, listo para la conducción
H1	Indicador luminoso de falla del IMD
H2	Indicador luminoso de falla del BMS
HV+	Punto de medición de la línea positiva del alto voltaje
HV-	Punto de medición de la línea negativa del alto voltaje
GND	Punto de medición de la línea de masa del bajo voltaje
Q1	Interruptor de reinicio del circuito de BSPD
Q2	Interruptor de reinicio del IMD
Q3	Interruptor de reinicio del BMS
T_sal	Indicador lumínico de la alimentación del sistema de tracción
Luz_F	Luz de freno

6.2. Montaje e implementación de dispositivos eléctricos en el chasis del vehículo.

A continuación se detallara en el orden que fueron implementados los dispositivos en el chasis del vehículo así como también su ubicación en el mismo.

Cabe hacer referencia que el montaje de los diferentes elementos y dispositivos se lo realizo de manera conjunta con los miembros del equipo a cargo del sistema eléctrico del vehículo.

6.2.1. Paquete de baterías de alto voltaje.

El paquete de baterías de alto voltaje es uno de los dispositivos más importantes del vehículo, debido a que es la encargada de acumular la potencia eléctrica que requiere el motor para su funcionamiento, así como de alimentar otros dispositivos electrónicos (Para más detalles se puede revisar la Tabla 15). El paquete de baterías está ubicado en la parte posterior del chasis, justo detrás del asiento del piloto.



Figura 25 Instalación del paquete de baterías. [5]

6.2.2. Controlador Bamocar D3.

El controlador es el encargado de convertir la corriente continua proporcionada por el paquete de baterías y transformarla en corriente alterna para suministrarla al motor trifásico, además es el encargado de controlar el suministro de energía según lo requiera el piloto durante la conducción. Está ubicado sobre el paquete de baterías sin contacto físico entre ambos dispositivos.



Figura 26 Instalacion del controlador Bamocar D3. [5]

6.2.3. Motor Emrax 228.

Este dispositivo es el encargado de transformar la potencia eléctrica del paquete de baterías en energía mecánica, la cual es transmitida hacia las ruedas del vehículo (más detalles en la tabla 15). La ubicación de este dispositivo es en la parte posterior del chasis, detrás del paquete de baterías. Para las líneas de alimentación se utilizó un cable Exrad 150 XLE calibre 1 AWG de la marca CHAMPLAIN Cable, terminales de conexión tipo ojo de la marca KSS modelo C50-8 y para evitar el contacto entre líneas de fase se implementó un material aislante termoencogible.



Figura 27 Montaje del motor Emrax 228. [5]

6.2.4. Seguro de desconexión rápida (HVD).

Este seguro como la norma lo exige debe ser de fácil acceso y de fácil desconexión, para ello se ha escogido este dispositivo analizando que cumpla con las condiciones mínimas requeridas por la normativa. Este dispositivo está ubicado en la parte superior de la carrocería, por detrás del reposa cabezas y cuenta con dos circuitos; uno para el alto voltaje y un segundo usado para el circuito de activación del bajo voltaje conectado en serie con el resto de dispositivos de seguridad.

Para la línea de alto voltaje se empleó un cable Exrad 150 XLE calibre 1 AWG de la marca CHAMPLAIN Cable, terminales de conexión tipo ojo de la marca KSS

modelo C50-8. Mientras que para la línea de bajo voltaje se utilizó un cable calibre 18 AWG modelo TFF de la mara electro cables.



Figura 28 Montaje del conector HDV. [5]

6.2.5. Sistema de refrigeración.

El sistema de refrigeración cuenta con una bomba eléctrica cuya alimentación la provee la batería de alto voltaje a través de un regulador de voltaje DC/DC, el mismo que también alimenta al electro ventilador del disipador de calor. El electro ventilador es activado a través de un relé conmutable por medio de una señal analógica enviada por el controlador del motor, después de censar la temperatura del líquido refrigerante y que este sobre pase el umbral de temperatura establecido en su programación.



Figura 29 Montaje del sistema de refrigeracion. [5]

6.2.6. Batería de bajo voltaje.

Esta batería es la encargada de alimentar de energía eléctrica a los componentes electrónicos de control y seguridad del vehículo que es parte del sistema eléctrico de bajo voltaje. Está ubicada en un costado del vehículo por la parte exterior del chasis y por delante de la rueda posterior derecha.



Figura 30 Montaje de la batería. [5]

6.2.7. Caja de fusibles.

Este dispositivo de seguridad es el encargado de la protección de los circuitos de bajo voltaje contra sobre corrientes. Está ubicada a unos centímetros por delante de la batería de bajo voltaje, en el costado derecho del vehículo. La caja de fusibles es una caja de la marca BLUE SEA Systems, modelo ST Blade Fuse Block 5029. [53]

Los fusibles implementados para las alimentaciones individuales, son fusibles automotrices de 5 A debido a la no disponibilidad en el medio local de fusibles con menor capacidad de conducción y por falta de tiempo para la obtención de estos en un mercado externo.

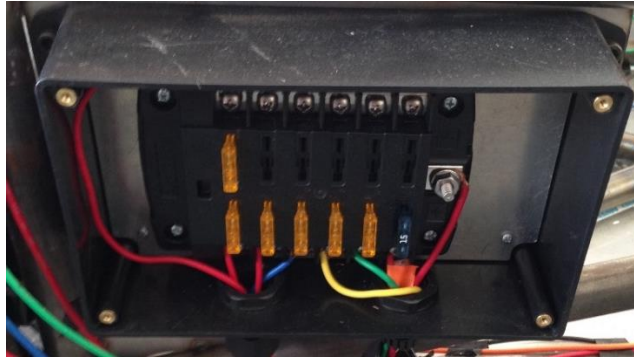


Figura 31 Montaje de la caja de fusibles. [5]

6.2.8. Botones de emergencia.

Estos botones están distribuidos en el vehículo de tal manera que cumplan con lo establecido en la normativa. Se tiene uno en el costado derecho y otro en el izquierdo del vehículo, un tercero se encuentra en el tablero de instrumentos de fácil acceso para el piloto y un cuarto siendo el interruptor de sobre vuelo del pedal de freno. Estos forman parte del circuito de emergencia en serie para el apagado del sistema de tracción.

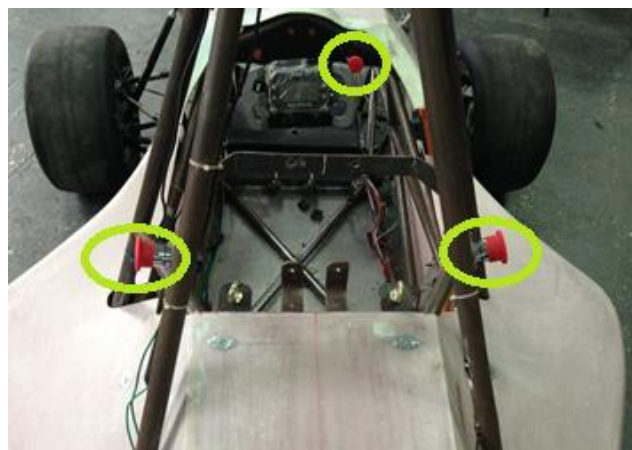


Figura 32 Montaje de los interruptores de emergencia. [5]

6.2.9. Luz del sistema de tracción TSAL.

Esta luz se encuentra ubicada por debajo del arco superior del vehículo, por encima del reposacabezas y es una luz intermitente de color rojo. Este indicador luminoso

tiene la función de indicar a quien se encuentre cerca del vehículo que el sistema de tracción esta energizado.

6.2.10. Caja de interruptores maestros, puntos de medición y pulsadores de reinicio.

Esta caja está ubicada al costado derecho del vehículo y es de fácil visibilidad y acceso. En ella se encuentra varios elementos eléctricos los cuales serán detallados a continuación.



Figura 33 Montaje de caja de interruptores maestros, puntos de medición y pulsadores de reinicio. [5]

- a. **Interruptores maestros.** Cuenta con dos interruptores maestros de tipo push-pull o push-rotate-pull. El primer interruptor activa el circuito GLVs y el segundo que esta al final del circuito de seguridad activa el sistema de tracción del vehículo. Ambos interruptores están conectados en serie como se pues ver en el diagrama eléctrico de la ilustración 4.
- b. **Puntos de medición.** La normativa demanda que debe incorporarse tres puntos de medición; uno para el positivo, un segundo para el negativo del alto voltaje y un tercero para GND del bajo voltaje. Para esto se utilizó conectores tipo banana. Para las líneas de medición de alto voltaje se implementó una resistencia de 10 K Ohm para cada uno.
- c. **Interruptores de reinicio.** Son tres; uno destinado para el BMS, un segundo para el IMD y el tercero es para el dispositivo de plausibilidad del sistema de frenos (BSPD). Estos interruptores son de tipo pulsante y su

función es la de enviar una señal analógica de 12 V para el reinicio de cada dispositivo destinado.

- d. Circuito de precarga.** Con el fin de dar cumplimiento con la normativa, se ha incorporado dentro de este contenedor el circuito de precarga del sistema de tracción. La finalidad de este circuito es de dar una carga de menor proporción de la provista por el paquete de batería al controlador, de esta manera se protege el controlador evitando una sobrecarga al mismo que podría averiarlo permanentemente.

6.2.11. Circuitos de seguridad.

La ubicación de los siguientes circuitos es, en la parte delantera del vehículo entre los pedales y el atenuador de impactos, cabe recalcar que estos circuitos se encuentran al interior de una caja plástica que sirve como recinto y como protección contra el polvo y el agua.



Figura 34 Placa de circuitos de seguridad. [5]

A continuación se realiza una breve descripción de la función que cumple cada dispositivo.

a. Alarma de aviso para conducción (Ready -To - Drive – Sound).

Este circuito es uno de los exigidos por la normativa. EV4.13.1 El coche debe hacer un sonido característico, de forma continua durante al menos 1 segundo y un máximo de 3 segundos cuando está listo para conducirse. [2]

b. Dispositivo de plausibilidad del Sistema de frenos (BSPD).

Este circuito obedece a la norma *EV5.6*, la cual establece que un circuito no programable independiente debe ser utilizado en el coche de tal manera que cuando se frena con fuerza (sin bloquear las ruedas) y cuando una corriente positiva se suministra desde el controlador del motor (una corriente para propulsar el vehículo hacia adelante), dadas estas condiciones se tengan que abrir los AIRs, quitando el suministro de energía hacia el sistema de tracción. [2]

c. Circuito del Sensor de posición del pedal del acelerador (APPS).

Dado la exigencia de la norma *EV2.3*, se debe implementar un circuito en el cual se pueda comparar las señales de dos sensores APPSs y detectar una implausabilidad o desviación del pedal entre sensores del 10 % que persista durante más de 10 ms, en caso de que exista implausabilidad la alimentación del motor (s) debe ser cerrada inmediatamente por completo. También se tendrán en cuenta las APPS haber fracasado cuando alcanzan un circuito abierto o condición de cortocircuito que genera una señal fuera del rango normal de funcionamiento, por ejemplo $<0,5 \text{ V} \text{ o} > 4.5\text{V}$. [2]

d. Circuito de falla del sistema de gestión de acumuladores.

Cuando el Sistema de gestión de acumuladores o AMS ha detectado una falla en el paquete de baterías o del mismo dispositivo, este envía una señal analógica al circuito de falla el cual se encarga de abrir los AIRs deshabilitando el sistema de tracción y a su vez enciende un led (AMS-fault) de color rojo en el tablero del vehículo el mismo que indica al piloto del problema.

El sistema de gestión de baterías o acumuladores con sus siglas en ingles AMS o BMS, es el encargado de gestionar el paquete de baterías y cumple funciones tales como; equilibrar la carga de las celdas; monitorear la carga de las celdas, la temperatura de las celdas y de ser necesario activar los ventiladores, la corriente de la batería; verifica la presencia de aislamiento del paquete, condiciones del contactor del relé y de la resistencia de precarga, etc.

e. Circuito de falla del Dispositivo de vigilancia del aislamiento.

Al igual que el circuito del sistema de gestión de baterías, el IMD envía una señal eléctrica al circuito de falla de IMD que tiene dos funciones primordiales; la primera es desactivar el sistema de tracción abriendo los AIRs y el segundo es de encender un testigo lumínico (IMD-fault) perceptible por el piloto que advierte de un problema o falla en el aislamiento.

El dispositivo de monitoreo del aislamiento IMD, se encarga monitorear la resistencia de aislamiento entre los conductores de alto voltaje aislados y activos de un sistema de accionamiento eléctrico y la tierra de referencia (chasis).

6.3. Procesos de unión entre cables y conectores o terminales de conexión.

Los procesos de unión entre cables y conectores o terminales sin soldadura, se encuentran detallados en las guías de procedimientos para montar los conectores en los cables del Anexo 5.

6.4. Evaluación y pruebas del sistema eléctrico del prototipo.

La evaluación de los circuitos y de sus conductores, se lo realiza mediante la medición de parámetros electro-físicos tales como voltaje, amperaje y temperatura. También se verifica la funcionalidad de los diferentes circuitos y condiciones que la normativa de la competición lo exija.

Condiciones de las pruebas.

Las pruebas y evaluaciones se lo realizan con el vehículo estático, con las llantas posteriores elevadas del suelo.

Se verifica el funcionamiento de los diferentes dispositivos y de las condiciones estipuladas en la normativa de la competencia.

Se realiza mediciones de parámetros eléctricos (amperaje, voltaje y temperatura) para corroborar el dimensionamiento y la selección del cableado implementado para el sistema eléctrico del prototipo.

Para realizar las diferentes pruebas se utiliza herramientas tales como:

- Pinza amperimétrica.
- Voltímetro
- Amperímetro.
- Pirómetro.
- Guantes eléctricos.

Procedimiento medición de voltaje.

- Colocar el multímetro en modo de voltímetro.
- Ajustar la escala del voltímetro.
- Colocar el electrodo negativo en la línea negativa del circuito, y el electrodo positivo en la línea positiva correspondiente.
- Realizar la lectura de voltaje y registrarla.

Procedimiento medición de amperaje mediante el uso del multímetro.

- Colocar el multímetro en modo amperímetro.
- Colocar los electrodos en serie con la línea de medición.
- Ajustar la escala de ser necesario.
- Realizar la lectura de corriente y registrarla.

Procedimiento medición de amperaje mediante el uso de la pinza amperimétrica.

Esta herramienta es usada para la medición de corriente de los circuitos de alto voltaje, debido a que no es posible colocar un amperímetro en serie con las líneas conductoras.

- Se coloca la pinza amperimétrica en la línea conductora.
- Ajustar la escala de ser necesario.
- Realizar la medición según las condiciones de funcionamiento y registrarla.

6.5. Evaluación del circuito de alto voltaje.

6.5.1. Evaluación del circuito monofásico.

Comprobación del circuito monofásico de alto voltaje		
Conductor	Calibre	1 AWG
	Marca	CHAMPLAIN Cable
	Modelo	EXRAD 150 XLE
Evaluación	Características del cable	Mediciones
Voltaje (V)	1000 V	400 V
Amperaje (A)	339 A	35 A
Temperatura (°C)	240 °C	-

6.5.2. Evaluación del circuito trifásico.

Comprobación del circuito trifásico de alto voltaje				
Conductor	Calibre	1 AWG		
	Marca	CHAMPLAIN Cable		
	Modelo	EXRAD 150 XLE		
		mediciones		
Evaluación	Características del cable	línea U	línea V	línea W
Voltaje (V)	1000 V	400 V	400 V	400 V
Amperaje (A)	339 A	20.78 A	20.78 A	20.78 A
Temperatura (°C)	240 °C	-	-	-

6.5.3. Evaluación del circuito de bajo voltaje.

Comprobación del circuito de bajo voltaje.			
Mediciones	Voltaje (V)	Amperaje (A)	Temperatura (°C)
Alimentación caja de fusibles	12 V	6 A	25 °C
Alimentación del controlador	12 V	3.6 A	25 °C
Alimentación de circuitos de protección	12 V	0.17 A	25 °C
Luz de freno	12 V	0,3 A	25 °C
Alimentación de relés	12 V	-	25 °C
Leds del tablero.	12 V	0.01 A	25 °C
Bomba de agua.	12 V	1.3 A	25 °C
Electro ventilador	12 V	2.5 A	25 °C
Tsal	12 V	0.03 A	25 °C

6.6. Evaluación del sistema eléctrico.

La evaluación del sistema eléctrico del vehículo también se la realizó con la ayuda de una check-list basada en la hoja de inspección eléctrica FSAE 2016 [54], la misma que nos sirve de ayuda para corroborar la implementación y funcionalidad de los diferentes elementos eléctricos, dispositivos electrónicos y sus conexiones. De esta manera se pretende garantizar el cumplimiento con lo establecido en la normativa de la competencia, además de demostrar la fiabilidad del sistema.

A continuación se presenta el check-list utilizado para los fines propuestos en el párrafo anterior, el mismo que contiene los elementos o dispositivos implementados, sus condiciones y el tipo de verificación o prueba que debe realizarse para su aprobación. También se muestra una columna donde se verifica el cumplimiento o no de lo establecido según las exigencias de la norma.

- Cumple = ✓
- No cumple = ✗

INSPECCIÓN ELÉCTRICA.			
Elemento.	Descripción.	Observación.	✓/✗
Puntos de medición Sistema de tracción	Dos puntos de medición de tensión del sistema de tracción y un punto de tierra GLVs deben instalarse directamente junto a los interruptores maestros, lado derecho del vehículo, la altura del hombro del conductor.	verificación visible	✓
	Los puntos de medición deben ser protegidos por una carcasa no conductora que se puede abrir sin herramientas.	verificación visible	✓
	Los puntos de medición deben ser protegidos de ser tocado con la mano / dedos al descubierto, una vez que se abre la carcasa. Conectores tipo banana cubierto de 4 mm nominales a un nivel de tensión adecuado tienen que ser utilizados.	verificación visible	✓
	Los TSMPs deben estar marcados con HV + y HV-	verificación visible	✓
Punto de medición GND	Debe ser colocado al lado de los TSMPs y deben ser marcados con GND.	verificación visible	✓
Tensión GLVs	Medir GLVs de tensión entre la batería GLVs más o convertidor CC / CC plus y chasis.	Inferior a 40 VCC.	✓
Circuito de descarga y cuerpo Resistores de protección	El circuito de descarga tiene que estar cableado de manera que esté siempre activo siempre que el circuito de apagado esté abierto. Si se utiliza un circuito de descarga, se puede medir una baja resistencia entre HV + y HV- siempre que el sistema de tracción se desactive.	La resistencia entre HV + y HV- con el multímetro. Da como resultado $2 * BPR +$ Resistencia de descarga.	✓
Cableado de alta tensión	Todos los cables HV visibles o sus canales de cable deben ser de color naranja.	verificación visible	✓
	Todo el cableado del sistema de tracción que se ejecuta fuera de los recintos eléctricos debe estar encerrado en un conducto distinto no conductor color naranja o utilizar un cable anaranjado apantallado.	verificación visible	✓
	El conducto o cable blindado deben estar bien anclados al menos en cada extremo de modo que pueda soportar una fuerza de 200N sin forzar el cable y rizarlo y debe ser situado fuera del camino de la posible enganche o daño.	verificación Visible / Protección manual	✓
	El cableado sistema de tracción debe estar protegidos contra daños por rotación y / o piezas en movimiento.	verificación visible	✓
	No se permite que los cables corran por debajo del chasis.	verificación visible	✓

INSPECCIÓN ELÉCTRICA.			
Elemento	Descripción.	Observación.	✓/✗
Cableado de alta tensión	Los cables TS y los cables GLVS están claramente separados / no se ejecutan directamente uno al lado del otro / limitados entre sí por varillas de cable o en el mismo canal de cable ;PERMITIDOS SOLAMENTE LAS SEÑALES DE INTERLOCK!!!	verificación visible	✓
	Los alambres deben estar marcados con indicador, una clasificación de temperatura y voltaje. Calificación, número de serie o norma también es suficiente, si el equipo muestra la hoja de datos en forma impresa.	verificación visible	✓
	grado de la temperatura del alambre deben ser adecuados para la posición del alambre en el coche (por ejemplo, junto a componentes calientes)	verificación visible	✓
cableado de alta tensión / Conexiones	Se prohíbe el uso de cintas aislantes o de pintura similar al caucho.	verificación visible	✓
	Las uniones atornilladas en el camino de alta corriente deben tener un mecanismo de bloqueo positivo.	Uso de tuercas de seguridad	✓
Fusibles de alta tensión	Todo el cableado protegido por fusible con capacidad de corriente <= ampacidad del cable.		✓
	Todos los fusibles en el sistema de alta tensión tienen valor de tensión de CC adecuada		✓
Fusibles de baja tensión	Todo el cableado protegido por fusibles con capacidad de corriente <= ampacidad del cable.		✓
Pegatinas de advertencia de alta tensión	Cada alojamiento / recinto que contiene partes de alta tensión (excepto carcasas de motores) deben ser etiquetados con una etiqueta engomada HV.	verificación visible	✓
Seguro de desconexión del alto voltaje (HVD).	El seguro de desconexión de alto voltaje está claramente marcada con "HVD"	verificación visible	✓
	Debe ser posible desconectar el HVD sin quitar cualquier carrocería.	verificación visible	✓
	En listo para competir con la condición que debe ser posible desconectar el HVD en 10 segundos.	El equipo demostro cómo operar el HVD dentro de los 10 segundos.	✓
	Si la apertura de la HVD es posible sin el uso de herramientas, una línea de contacto piloto / de bloqueo tiene que ser implementado que rompe la corriente a través de los AIRs cada vez que se retira el conector.	verificación visible	✓

INSPECCIÓN ELÉCTRICA.			
Elemento	Descripción.	Observación.	✓/✗
Cableado del medidor de energía	Toda la energía de los contenedores de acumuladores debe fluir a través de un solo punto, el punto de conexión del medidor de energía para la medición de energía.	verificación visible	✓
Botones de apagado	Un botón de apagado, push-pull o push-rotate-pull en cada lado detrás del compartimiento de los conductores (altura de la cabeza de los conductores aprox.), Uno en la cabina y fácilmente accesible por el conductor en cualquier posición del volante	verificación visible	✓
	El diámetro mínimo de botones de parada en el lado = 40 mm. El diámetro mínimo de botón de apagado en la cabina = 24 mm.	verificación visible	✓
	Los botones de parada no son fácilmente extraíbles, por ejemplo, montada en un cuerpo de trabajo extraíble.	verificación visible	✓
	El símbolo eléctrico internacional que consiste en una chispa roja en un triángulo azul con bordes blancos debe colocarse cerca de los tres interruptores.	verificación visible	✓
Interruptor de sobrevuelo del freno	Interruptor de sobrevuelo del freno debe colocarse detrás del pedal del freno.	verificación visible	✓
Interruptores maestros de TS y GLVs.	El interruptor maestro de TS y GLVs en el lado derecho del vehículo, aprox. A la altura de los hombros de los conductores. La posición de encendido debe estar en posición horizontal.	verificación visible	✓
	Claramente marcado con HV y GLVs respectivamente, y un rayo de color rojo o negro en nebrilla en un fondo amarillo o rayo rojo sobre un fondo blanco marca el Servicio TSMS.	verificación visible	✓
	Ambos interruptores deben ser del tipo rotatorio con un mango desmontable.	verificación visible	✓
	TSMS debe estar equipado con una capacidad de "bloqueo / etiquetado".	verificación visible	✓
Cargador.	Los cables HV de carga deben ser de color naranja.	verificación visible	✓
Sistema de frenos.	Un interruptor de presión del sensor de posición del pedal de freno o el freno debe estar equipado para comprobar la plausibilidad.	verificación visible	✓
Acelerador.	Al menos dos sensores deben montarse y no compartir las líneas de suministro o de señales.	verificación visible	✓
Internos - AIR / fusible.	Cada recipiente acumulador debe contener al menos un fusible y al menos dos relés de aislamiento del acumulador.	verificación visible	✓
Botones de reinicio	Se debe colocar tres botones de reinicio para los dispositivos IMD, BMS y controlador del motor.	verificación visible	✓

INSPECCIÓN ELÉCTRICA.			
Elemento	Descripción.	Observación.	✓/✗
Internos - AIR / fusible.	Cada recipiente acumulador debe contener al menos un fusible y al menos dos relés de aislamiento del acumulador.	verificación visible	✓
Conectores depósito acumulador.	Los conectores HV de los recipientes de acumuladores se pueden quitar sin el uso de herramientas, una línea de contacto / interbloqueo piloto debe ser Implementado que rompe la corriente a través de la línea AIRs.	verificación visible	✓
Encendido del sistema de tracción.	Trate de encender el sistema de tracción con el interruptor principal GLVS en Off-Posición.	No existe voltaje por encima de 40VDC en la medición puntos	✓
	Conectar el sistema de tracción y luego desconectar el interruptor principal GLVs.	El sistema de tracción también se desactiva	✓
Circuito de precarga.	Un circuito que es capaz de pre-cargar el circuito intermedio a 90% de la tensión actual del acumulador antes de cerrar el segundo AIR tiene que ser implementado.	Con el multímetro durante el encendido del sistema de tracción que el sistema está precargado antes del cierre del segundo AIR.	✓
Luz de activación del sistema de tracción (TSAL)	El TSAL debe estar encendido cada vez que fuera del recipiente acumulador excede 40V CC o 25V AC RMS.	verificación Visible / uso multímetro	✓
	El TSAL debe ser claramente visible desde todas las direcciones horizontales, incluso a pleno sol. Pequeños ángulos de invisibilidad pueden ser causados por el aro rollo principal.	verificación visible	✓
	La luz activa del sistema de tracción debe montarse debajo del punto más alto del aro del rodillo principal, El TSAL debe ser de color rojo.	verificación visible	✓
	El TSAL debe ser visible por una persona de pie hasta 3 m de distancia de la TSAL. altura mínima ojos de la persona es 1,6 m.	verificación visible	✓
Luz de freno.	Una luz de freno ROJA, claramente visible desde la parte trasera; en vehículos de línea central; altura entre la línea central de la rueda y los hombros del conductor.. Brillo suficiente para la activación visible con luz solar brillante.	verificación visible	✓

INSPECCIÓN ELÉCTRICA.			
Elemento	Descripción.	Observación.	✓/✗
AMS luz indicadora	Un LED rojo marcado "AMS" o "BMS" debe ser instalado en la cabina, que se enciende si el BMS apaga el vehículo.	verificación visible	✓
IMD luz indicadora	Un LED rojo marcado "IMD" debe ser instalado en la cabina, que se enciende si el IMD apaga el vehículo.	verificación visible	✓
Prueba del IMD	Activar el sistema de tracción, Conectar R_Test entre HV + y tierra GLVs	La tensión TS disminuye por debajo de 40 VCC en 5 segundos, el IMD puede tardar hasta 10s para reaccionar.	✓
	Activar el sistema de tracción, Conectar R_Test entre HV- y tierra GLVs	La tensión TS disminuye por debajo de 40 VCC en 5 segundos, el IMD puede tardar hasta 10s para reaccionar.	✓
Interruptor de inercia.	El dispositivo debe estar unido mecánicamente al vehículo, sin embargo, debe ser posible desmontar el dispositivo de manera que puede ser probada su funcionalidad sacudiéndolo.	verificación visible	✓
	Desmontar interruptor de inercia. Activar TS y medir el voltaje de alta tensión. Agitar el interruptor y comprobar si TS es apagado. TS no está permitido reactivar sin un restablecimiento manual, por ejemplo, por el controlador	La tensión TS disminuye por debajo de 40 VCC en 5 seg	✓
Modo listo para conducir,	Solamente cerrando el circuito de apagado no debe poner el coche en el modo listo para conducir. El coche está listo para conducir tan pronto como el motor responda a la entrada del codificador de par / pedal de aceleración.	Se verifico que el automóvil no esté automáticamente Listo para la conducción cuando TS está activado.	✓
	Se requieren acciones adicionales por parte del conductor para configurar el coche en modo listo para conducir. Una de estas acciones debe incluir el pedal del freno que está siendo presionado mientras se activa el interruptor que activa el modo de listo para conducir después de haber activado el sistema de tracción.	Se Comprabo el encendido, listo para conducir.	✓

INSPECCIÓN ELÉCTRICA.			
Elemento	Descripción.	Observación.	✓/✗
Codificador de par / pedal de freno Comprobación de Plausibilidad	El encoder de par está en más del 25% y el freno se acciona simultáneamente. Los motores tienen que cerrarse. El apagado del motor debe permanecer activo hasta que el encoder de par indique menos de un 5% de desplazamiento del pedal, independientemente de si el pedal del freno está accionado o no.	Los motores se muevan de nuevo después de que el codificador de par se haya situado por debajo del 5%.	✓
Comprobación de Implausibilidad del Codificador de Torque	Si se produce una implausibilidad entre los valores de dos sensores de encoder de par, la potencia del motor o motores debe cerrarse inmediatamente. La implausibilidad se define como una desviación de más del 10% del desplazamiento del pedal entre los sensores.	Se comprobó que los ejes accionados giran, luego se desconectó al menos el 50% de los sensores y se verificó que la alimentación de los motores está apagada.	✓
Dispositivo Sistema de frenos de plausibilidad	Se debe utilizar un circuito autónomo no programable en el automóvil de modo que al frenar fuerte (sin bloquear las ruedas) y cuando una corriente positiva sea suministrada desde el controlador del motor (una corriente para impulsar el vehículo hacia adelante), se abrirán los AIRs. El límite de corriente para activar el circuito debe ajustarse a un nivel en el que 5 kW de potencia eléctrica en el circuito de CC se suministra al motor a la tensión nominal de la batería. La acción de abrir los AIRs debe ocurrir si la inverosimilitud es persistente por más de 0,5 segundos.	El TS está desactivado	✓
	El dispositivo de plausibilidad del freno sólo se puede restablecer al encender el interruptor principal del GLVS.	El TS sólo se reactiva después de que el GLVS haya sido puesto en marcha.	✓

7. RESULTADOS.

- El dimensionamiento de los conductores por medio de la metodología aplicada, sugiere el uso de los mismos, con los calibres calculados para su implementación en el vehículo.
- El uso de matrices de decisión para la selección de elementos y componentes eléctricos permite escoger los elementos con las mejores características adaptándose a los requerimientos del sistema para su implementación.
- El diagrama del sistema eléctrico elaborado describe las diferentes conexiones realizadas y la interacción entre los dispositivos electrónicos del vehículo.
- Las mediciones de parámetros eléctricos (voltaje, amperaje y temperatura) realizadas en los diferentes circuitos, demuestran que los conductores seleccionados cumplen con los requisitos de funcionamiento.
- La evaluación del sistema eléctrico mediante el uso de una lista de escrutinio dio como resultado, el correcto funcionamiento de los diferentes circuitos del sistema.

8. CONCLUSIONES.

- Se consiguió el cumplimiento de los objetivos planteados al inicio de este proyecto técnico, mediante el uso de la metodología aplicada en el desarrollo del mismo.
- Con las mediciones de parámetros eléctricos (voltaje, amperaje y temperatura) realizadas en los diferentes circuitos se demostró que los conductores escogidos cumplen con los requisitos de funcionamiento del sistema.
- Los calibres de los conductores y los materiales empleados en el montaje del circuito de alto voltaje son los cumplen con los requisitos del sistema diseñado, así como las normas de la competencia.
- Los conductores del circuito de bajo voltaje se encuentran sobre dimensionados debido a la falta de tiempo para la adquisición cables conductores idóneos (calibre calculado) para el cierre del proyecto.
- Las conexiones realizadas en los circuitos eléctricos aseguran la conducción correcta de energía a través de; los conductores, conectores, terminales seleccionados y montados en el vehículo.
- Los elementos y componentes del sistema eléctrico han sido seleccionados de tal manera que se verifico que cada uno cumple con las características que exige el reglamento de la competencia.
- Se consiguió la creación e implementación de un sistema eléctrico totalmente nuevo y único en su categoría que además se confirmó su funcionalidad.

9. RECOMENDACIONES.

- Se recomienda continuar con la investigación de los conectores para los vehículos eléctricos debido a la innovación, continua que existe en el mercado internacional.
- Se recomienda ampliar el cronograma de actividades en la que permita las importaciones de cables y elementos adecuados para implementación en futuros proyectos.
- Es importante la comunicación y la logística entre los miembros del equipo para evitar contra tiempos.
- Se sugiere buscar un programa computacional o software adecuado para la elaboración de los diagramas del sistema eléctrico.
- Es necesario ampliar el tiempo para la realización de la evaluación y escrutinio del sistema eléctrico.

REFERENCIAS

- [1] SAE international, «students.sae.org,» 2016. [En línea]. Available: <http://students.sae.org/cds/formulaseries/about/>. [Último acceso: 15 Noviembre 2016].
- [2] Formula SAE, «www.fsaeonline.com,» [En línea]. Available: <http://www.fsaeonline.com/page.aspx?pageid=e179e647-cb8c-4ab0-860c-ec69aae080a3>. [Último acceso: 15 Noviembre 2016].
- [3] SAE International, «<http://students.sae.org>,» 09 Julio 2016. [En línea]. Available: <http://www.fsaeonline.com/content/2017-18%20FSAE%20Rules%209.2.16a.pdf>. [Último acceso: 28 Septiembre 2016].
- [4] Aplicaciones Tecnológicas, «<http://www.aplicacionestecnologicas.com>,» [En línea]. Available: http://www.aplicacionestecnologicas.com/Norma_de_proteccion_IP/index.html. [Último acceso: 28 Septiembre 2016].
- [5] Autor, «Recopilacion,» Cuenca, 2017.
- [6] Molex, «www.espanol.molex.com,» 2016. [En línea]. Available: http://www.espanol.molex.com/molex/products/datasheet.jsp?part=active/1714669001_PCB_HEADERS.xml. [Último acceso: 15 Noviembre 2016].
- [7] Molex, «www.espanol.molex.com,» 2016. [En línea]. Available: http://www.espanol.molex.com/molex/products/datasheet.jsp?part=active/1714671001_PCB_HEADERS.xml. [Último acceso: 15 Noviembre 2016].
- [8] Delphi, «<http://ecat.delphi.com/>,» [En línea]. Available: <https://sf-asset-manager.s3.amazonaws.com/95792/58/5757.pdf>. [Último acceso: 25 Noviembre 2016].
- [9] rechargecar, «<http://www.rechargecar.com/>,» [En línea]. Available: <http://www.rechargecar.com/product/ev-ez-safe-disconnect>. [Último acceso: 30 Septiembre 2016].
- [10] Anderson Power Products, «<http://www.andersonpower.com>,» [En línea]. Available: http://www.andersonpower.com/_global-assets/downloads/pdf/ds-sb350.pdf. [Último acceso: 24 Octubre 2016].
- [11] D. Susanto, «robotics.ee.uwa.edu.au,» [En línea]. Available: <http://robotics.ee.uwa.edu.au/theses/2012-REV-SAE-Electrics-Susanto.pdf>. [Último acceso: 30 Septiembre 2016].

- [12] GIGAVAC, «www.gigavac.com,» [En línea]. Available: http://www.gigavac.com/sites/default/files/catalog/spec_sheet/bd.pdf. [Último acceso: 27 Octubre 2016].
- [13] VIDRI, «www.vidri.com,» [En línea]. Available: https://www.vidri.com/sv/tienda/TERMINAL-DE-ENTALLAR-PARA-CABLE-No1_0-AWG/p/29562. [Último acceso: 25 Noviembre 2016].
- [14] Triton Racing, «<http://prithvisundar.weebly.com>,» 2013. [En línea]. Available: http://prithvisundar.weebly.com/uploads/2/7/5/7/27574051/esf_ucsd.pdf. [Último acceso: 30 Septiembre 2016].
- [15] RADAFLEX, «www.cableyard.com,» [En línea]. Available: <http://www.cableyard.com/assets/images/DataSheets/RADAFLEX.pdf>. [Último acceso: 24 Octubre 2016].
- [16] University of Kansas - Jayhawk Motorsports - Elect. [En línea]. Available: https://people.eecs.ku.edu/~bcarrige/FSAE/2013_ESF_-_Univ_of_Kansas_-_JMS13e.pdf. [Último acceso: 28 Septiembre 2016].
- [17] EVWEST, «evwest.com,» [En línea]. Available: http://evwest.com/support/Shielded_Battery-Irradiated_XLE.pdf. [Último acceso: 24 Octubre 2016].
- [18] Farnell, «www.farnell.com,» [En línea]. Available: <http://www.farnell.com/datasheets/1812558.pdf>. [Último acceso: 29 Septiembre 2016].
- [19] Molex, «www.molex.com,» [En línea]. Available: http://www.molex.com/pdm_docs/ps/PS-45750-001.pdf. [Último acceso: 29 Septiembre 2016].
- [20] Formula Slug , «file.tavsys.net,» 1 Mayo 2016. [En línea]. Available: <http://file.tavsys.net/FSAE/ESF.pdf>. [Último acceso: 30 Septiembre 2016].
- [21] RS components Ltd., «uk.rs-online.com,» [En línea]. Available: <http://uk.rs-online.com/web/p/industrial-automation-circular-connectors/6235915/>. [Último acceso: 30 Septiembre 2016].
- [22] Allied Wire & Cable, «www.awcwire.com,» [En línea]. Available: <http://www.awcwire.com/es/cable-m22759.aspx>. [Último acceso: 26 Octubre 2016].
- [23] ArAvia, «www.aravia.com.ar,» Marzo 2014. [En línea]. Available: <http://www.aravia.com.ar/?product=cable-monoconductor-sin-malla-m2275916>. [Último acceso: 10 Noviembre 2016].
- [24] Digi-Key Electronincs, «www.digikey.com,» [En línea]. Available: <http://www.digikey.com/product-detail/es/general-cable-carol-brand/76512.18.03/C76512R-50-ND/5452549>. [Último acceso: 26 Octubre 2016].

- [25] 3M, «solutions.productos3m.es,» [En línea]. Available: http://solutions.productos3m.es/3MContentRetrievalAPI/BlobServlet?lmd=1276511671000&locale=es_ES&assetType=MMM_Image&assetId=1273658703300&blobAttribute=ImageFile. [Último acceso: 20 Diciembre 2016].
- [26] Direct Industry, «www.directindustry.es,» [En línea]. Available: <http://www.directindustry.es/prod/lapp-group/product-17287-1806320.html>. [Último acceso: 22 Diciembre 2016].
- [27] Direct Industry, «www.directindustry.es,» [En línea]. Available: <http://www.directindustry.es/prod/favier-tpl/product-37960-1781895.html>. [Último acceso: 22 Diciembre 2016].
- [28] J. A. Muñoz Japón , «<http://bibing.us.es>,» 23 Diciembre 2011. [En línea]. Available: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5029/fichero/Proyecto+Fin+de+Carrera+%252F7.BUS+de+Corriente+Continua+%28DC%29.pdf>. [Último acceso: 25 Noviembre 2016].
- [29] Administracion Nacional de Usinas y Transmisiones Electricas (UTE), «portal.ute.com.uy,» [En línea]. Available: <http://portal.ute.com.uy/sites/default/files/clientes/C-02-anexo.pdf>. [Último acceso: 02 Marzo 2017].
- [30] ABB Automation Products, S.A., «library.e.abb.com,» 02 Agosto 2002. [En línea]. Available: <https://library.e.abb.com/public/fc79b244a8a80856c125791a003d18c1/REBT-2011.pdf>. [Último acceso: 14 Marzo 2017].
- [31] I. E. Comite Tecnico AEN/CTN 202, «emacsan.wikispaces.com,» Noviembre 2002. [En línea]. Available: https://emacsan.wikispaces.com/file/view/UNE_2020460-5-523.2004.pdf. [Último acceso: 15 Enero 2017].
- [32] T. y. C. Ministerio de Industria, «www.f2i2.net,» Febrero 2009. [En línea]. Available: http://www.f2i2.net/documentos/lisi/rbt/guias/guia_bt_19_feb09R2.pdf. [Último acceso: 10 diciembre 2016].
- [33] Energy Innovation Group, «www.eigbattery.com,» [En línea]. Available: http://www.eigbattery.com/_eng/designer/skin/02/01_03.asp. [Último acceso: 15 Noviembre 2016].
- [34] Elithion, «elithion.com,» [En línea]. Available: http://elithion.com/lithiumate_pro.php. [Último acceso: 15 Noviembre 2016].
- [35] Elithion, «elithion.com,» [En línea]. Available: <http://elithion.com/1PO0000X.php>. [Último acceso: 15 Noviembre 2016].

- [36] Unitek, «www.unitek-online.de,» [En línea]. Available: http://www.unitek-online.de/en/produkte/batterie/bamocar_d3.html. [Último acceso: 15 Noviembre 2016].
- [37] Unitek, «www.unitek-online.de,» Enero 2016. [En línea]. Available: <http://www.unitek-online.de/pdf/download/Antriebe-Drive/BAMOCAR/E-BAMOCAR-D3.pdf>. [Último acceso: 15 Noviembre 2016].
- [38] ENSTROJ, «www.enstroj.si,» [En línea]. Available: http://www.enstroj.si/images/stories/emrax_228_tech_data_table_dec_2014.pdf. [Último acceso: 15 Noviembre 2016].
- [39] ENSTROJ, «www.enstroj.si,» Diciembre 2014. [En línea]. Available: http://www.enstroj.si/images/stories/manual_for_emrax_motor_december_2014_new.pdf. [Último acceso: 15 Noviembre 2016].
- [40] digikey, «www.digikey.com,» [En línea]. Available: <https://www.digikey.com/product-detail/en/hirose-electric-co-ltd/EM30MSD/H124827-ND/5182164>. [Último acceso: 20 05 2017].
- [41] PFISTERER, «<http://catalogue.pfisterer.com/>,» 2017. [En línea]. Available: <http://catalogue.pfisterer.com/de/30599000300041/>. [Último acceso: 27 Febrero 2017].
- [42] G. Enriquez Harper, Manual de Sistemas Electricos Industriales y Comerciales, Mexico: Limusa, 2013.
- [43] ELECTROCABLES S.A., «Electro Cables,» [En línea]. Available: <http://electrocable.com/productos/cobre/FXT-TTF-TWF.html>. [Último acceso: 27 Junio 2017].
- [44] Braille Battery, «www.braillebattery.com,» Braille Battery, 2017. [En línea]. Available: https://www.braillebattery.com/index.php/braille/product_batteries/g20. [Último acceso: 23 Marzo 2017].
- [45] Elithion, «elithion.com,» 30 Junio 2015. [En línea]. Available: http://lithiumate.elithion.com/php/controller_elec_specs.php. [Último acceso: 23 Marzo 2017].
- [46] BENDER, «www.bender-emobility.com,» 9 Enero 2016. [En línea]. Available: http://www.bender-emobility.com/fileadmin/products/doc/IR155-32xx-V004_D00115_D_XXEN.pdf. [Último acceso: 23 Marzo 2017].
- [47] UPS Racing Team, Cuenca, 2017.
- [48] Gigavac, «www.gigavac.com,» [En línea]. Available: http://www.gigavac.com/sites/default/files/catalog/spec_sheet/gv200.pdf. [Último acceso: 20 05 2017].

- [49] ACDelco, «www.sensata.com,» [En línea]. Available: <http://www.sensata.com/download/resettable-crash.pdf>.
- [50] Mouser Electronics, «www.mouser.com,» 13 Junio 2016. [En línea]. Available: <http://www.mouser.com/ds/2/427/981he-244423.pdf>. [Último acceso: 23 Marzo 2017].
- [51] OMRON, «www.parallax.com,» Robert Bosch (Australia), 2015. [En línea]. Available: <https://www.parallax.com/sites/default/files/downloads/400-00052-Omron-12V-Relay-Datasheet.pdf>. [Último acceso: 23 Marzo 2017].
- [52] Mouser Electronics, «www.mouser.com,» Agosto 2016. [En línea]. Available: <http://www.mouser.com/ds/2/423/1092W-973119.pdf>. [Último acceso: 23 Marzo 2017].
- [53] BLE SEA Systems, «BLE SEA Systems,» BLE SEA Systems, 2017. [En línea]. Available: https://www.blueseasystems.com/products/5029/ST_Blade_Fuse_Block_-_12_Circuits_with_Cover. [Último acceso: 27 Junio 2017].
- [54] Formula SAE, «www.fsaonline.com,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.fsaonline.com/content/2016%20Electric%20Tech%20Form%20draft.pdf>. [Último acceso: 20 Junio 2017].
- [55] Aplicaciones Tecnológicas, «<http://www.aplicacionestecnologicas.com>,» [En línea]. Available: http://www.aplicacionestecnologicas.com/Norma_de_proteccion_IP/index.html. [Último acceso: 28 Septiembre 2016].
- [56] G. E. Harper, El ABC del alumbrado y las instalaciones eléctricas en baja tensión, Mexico: Limusa, 206.
- [57] F. A. Cabrera Coronel y E. M. Tigre Guncay, «dspace.ups.edu.ec,» Diciembre 2016. [En línea]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13257/1/UPS-CT006846.pdf>. [Último acceso: 23 Marzo 2017].
- [58] Ministerio de Industria y Energía, «www.jmcprl.net,» [En línea]. Available: <http://www.miliarium.com/Legislacion/Energia/estado/InstruccionesRBT.pdf>. [Último acceso: 31 Marzo 2017].
- [59] S. Errede, «web.hep.uiuc.edu,» 2015. [En línea]. Available: http://web.hep.uiuc.edu/home/serrede/P436/Lecture_Notes/American_Wire_Gauge.pdf. [Último acceso: 17 Mayo 2017].
- [60] SAE International, «<http://students.sae.org>,» [En línea]. Available: <http://students.sae.org/cds/formulaseries/rules/>. [Último acceso: 28 Septiembre 2016].

ANEXOS.

ANEXO 1.

Norma IP (International Protección). [55]

Debido a que el vehículo debe pasar por un aprueba de lluvia el reglamento exige que los componentes (envolventes, conectores, etc.) y el recipiente del sistema de tracción deberá ser protegidos de la humedad en forma de lluvia o charcos, por lo que recomienda una calificación IP65.

Un motivo bastante común de averías de instrumentos es la penetración de humedad en el interior del instrumento. Muchas veces, esta penetración se debe al grado de protección IP inadecuado.

Este grado de protección IP denomina una clasificación de los envolventes en función de su capacidad de proteger el interior contra objetos y sustancias exteriores.



IP65.- El estándar ANSI/IEC 60529-2004 establece para el primer y segundo dígito que el equipo a ser certificado debe cumplir con alguna de las siguientes condiciones.

(6) Protección fuerte contra el polvo.- el polvo no debe entrar bajo ninguna circunstancia.

(5) Chorros de agua.- Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual. No debe entrar el agua arrojada a chorro (desde cualquier ángulo) por medio de una boquilla de 6,3 mm de diámetro, a un promedio de 12,5 litros

por minuto y a una presión de 30kN/m² durante un tiempo que no sea menor a 3 minutos y a una distancia no menor de 3 metros.

IP66.- El estándar ANSI/IEC 60529-2004 establece para el primer y segundo dígito que el equipo a ser certificado debe cumplir con alguna de las siguientes condiciones.

(6) Protección fuerte contra el polvo.- el polvo no debe entrar bajo ninguna circunstancia.

(6) Chorros muy potentes de agua.- Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual. No debe entrar el agua arrojada a chorros (desde cualquier ángulo) por medio de una boquilla de 12,5 mm de diámetro, a un promedio de 100 litros por minuto y a una presión de 100kN/m² durante no menos de 3 minutos y a una distancia que no sea menor de 3 metros.

ANEXO 2

Tabla de resistencias y corrientes nominales del conector marca BMRS modelo series HD30. [18]

CONTACT RESISTANCE				
CONTACT SIZE	WIRE GAUGE AWG(mm ²)	Test Current (Amps)	Resistance (mV) Solids	Resistance (mV) Stamped & Formed
20	20 (.50)	7.5	60	100
	18 (.80)	7.5	60	100
	16 (1.0)	7.5	60	100
16	20 (.50)	7.5	60	100
	18 (.80)	10	60	100
	16 (1.0)	13	60	100
	14 (2.0)	13	60	100
12	14 (2.0)	18	60	100
	12 (3.0)	25	60	100
8	8 (8.60)	60	60	N/A
	10 (5.60)	60	60	N/A
4	6 (13.0)	100	60	N/A

ANEXO 3

Tabla de corrientes nominales de contacto de los conectores marca Molex, modelo: Minifit Jr. [19]

WIRE-TO-WIRE									
Wire Size	Single Row Circuit Sizes			Dual Row Circuit Sizes					
	3	4	5	2	4	6, 8	10, 12	14, 16, 18	20, 22, 24
16 AWG	13A	12.5A	12A	13A	12A	11A	10.5A	10A	9.5A
18 AWG	11A	10.5A	10A	11A	10A	9A	8.5A	8A	7.5A
20 AWG	9.5A	9A	9A	9.5A	8.5A	8A	7.5A	7A	6.5A


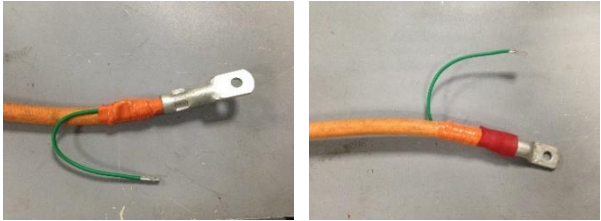
ANEXO 4

Tabla de conversión de secciones transversales a calibre A.W.G. [56]



CALIBRE A.W.G.	SECCIÓN		DIÁMETRO	
	cm	mm ²	pulgadas	mm
20	1022	0.5176	0.3196	0.812
18	1624	0.8232	0.04030	1.024
16	2583	1.3090	0.05082	0.291
14	4107	2.0810	0.06408	1.628
12	6530	3.3090	0.08081	2.053
10	10380	5.2610	0.1019	2.588
8	16510	8.3670	0.1285	3.264
6	26250	13.3030	0.1620	4.115
4	41740	21.1480	0.2043	5.189
3	52630	26.6700	0.2294	5.827
2	66370	336320	0.2576	6.543
1	83690	42.4060	0.2893	7.348
0	105500	53.4770	0.3249	8.252
00	133100	67.4190	0.3648	9.266
000	167800	85.0320	0.4096	10.403
0000	211600	107.2250	0.4600	11.684
250		126.644	0.575	14.605
300		151.999	0.630	16.002
400		177.354	0.681	17.297
500		202.709	0.728	18.491
600		253.354	0.814	20.675
700		303.999	0.893	22.682
800		354.708	0.964	24.685
850		405.160	1.031	26.187
900		379.837	0.998	25.349
1000		455.805	1.093	27.762
1250		506.450	1.152	29.260
1500		653.063	1.289	32.741
1750		759.677	1.412	35.865
2000		886.286	1.526	38.760
		1012.901	1.631	41.427

ANEXO 5


GUIA DE PROCEDIMIENTO PARA CRIMPAR CONECTORES EN CABLES.					
TIPO DE CABLE			Conector		
MARCA	EXRAD		MARCA	KSS	
MODELO	150 XLE		MODELO	C50-8	
CALIBRE	1 AWG		TIPO	Terminal tipo ojo	
HERRAMIENTAS					
Tijeras para cables					
estilete					
Pinza Hidráulica Crimpadora de Terminales					
guantes eléctricos					
termo incogible					
pistola de calor					
PROCEDIMIENTO					
1) primero con la tijera y el estilete removemos 5 cm de la protección externa del cable.					
2) removemos el apantallado metálico hacia atrás, donde se puede ver la cubierta interior del cable. Se procede a retirar 3 cm de la cubierta interior como en el proceso anterior.					
3) Se coloca el conector en el externo del cable descubierto y seguido se coloca el conjunto en la crimpadora de terminales. Se procede a crimpar el terminal en el cable.					

<p>4) Seguido se remueve de la herramienta crimpadora, el cable junto con su terminal ajustado en su sitio. Se coloca un cable al apantallado para aterrizar la pantalla a tierra del chasis.</p>	
<p>5) se coloca cinta aislante entre la pantalla y el cable de tierra. Luego se coloca el termoencogible y con el uso de la pistola de calor, se le aplica calor durante unos segundos hasta que el termoencojible quede adherido al conector y al cable.</p>	
<p>recomendaciones</p>	
<p>Se recomienda siempre el uso de guante eléctricos o de seguridad, para evitar lesiones que puedan producirse por cortes, pinchazos o quemaduras durante este proceso.</p>	


GUIA DE PROCEDIMIENTO PARA CRIMPAR CONECTORES EN CABLES.


TIPO DE CABLE			Conector		
MARCA	EXRAD		MARCA	Delphi	
MODELO	150 XLE		MODELO	modelo RC890)	
CALIBRE	1 AWG		Tipo		

HERRAMIENTAS


Tijeras para cables	
estilete	
Pinza Hidráulica Crimpadora de Terminales	
guantes eléctricos	
termo incogible	
pistola de calor	

PROCEDIMIENTO

1) Primero con la tijera y el estilete removemos 5 cm de la protección externa del cable.	
2) Removemos el apantallado metálico hacia atrás, donde se puede ver la cubierta interior del cable. Se procede a retirar 3 cm de la cubierta interior como en el proceso anterior.	
3) Se coloca el conector en el externo del cable descubierto.	
4) Se coloca el conjunto cable-conector en la crimpadora de terminales. Se procede a aplicar presión con la herramienta hidráulica hasta quedar asegurado el terminal en el cable.	

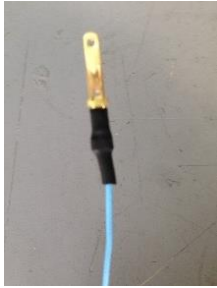
<p>5) para finalizar se coloca la protección anti agua o polvo y Se introduce el elemento conductor del conector en la carcasa del mismo.</p>	
recomendaciones	
<p>Se recomienda siempre el uso de guante eléctricos o de seguridad, para evitar lesiones que puedan producirse por cortes, pinchazos o quemaduras durante este proceso.</p>	

GUIA DE PROCEDIMIENTO PARA CRIMPAR CONECTORES EN CABLES.					
TIPO DE CABLE			Conector		
MARCA	EXRAD		MARCA	Pfisterer	
MODELO	150 XLE		MODELO	plug straight P1 (350205-01)	
CALIBRE	1 AWG		Tipo		
HERRAMIENTAS					
Tijeras para cables					
estilete					
Pinza Hidráulica					
Crimpadora de Terminales					
guantes eléctricos					
termo incogible					
pistola de calor					
PROCEDIMIENTO					
<p>1) primero con la tijera y el estilete removemos 5 cm de la protección externa del cable.</p>					
<p>2) removemos el apantallado metálico hacia atrás, donde se puede ver la cubierta interior del cable. Se procede a retirar 3 cm de la cubierta interior como en el proceso anterior.</p>					
<p>3) Se debe coloca el terminal en el extremo del cable a protección contra el agua en el cable y seguido de este se coloca el elemento conductor del conector.</p>					


<p>4) Se coloca el conector en el externo del cable descubierto y seguido se coloca el conjunto en la crispadura de terminales. Se procede a aplicar presión con la herramienta hidráulica hasta quedar asegurado el terminal en el cable.</p>	
<p>5) Seguido se remueve de la herramienta crimpadora, el cable junto con su terminal ajustado en su sitio. Se coloca la carcasa del conector.</p>	
<p>6) se coloca el seguro de la carcasa, y el conector queda montado correctamente, de ser necesario se coloca un cable para aterrizar a tierra la pantalla metálica del cable.</p>	
<p>recomendaciones</p>	
<p>Se recomienda siempre el uso de guante eléctricos o de seguridad, para evitar lesiones que puedan producirse por cortes, pinchazos o quemaduras durante este proceso.</p>	

GUIA DE PROCEDIMIENTO PARA CRIMPAR CONECTORES EN CABLES.

TIPO DE CABLE			Conector		
MARCA	Electro cables		MARCA	Molex	
MODELO	AWM		MODELO		
CALIBRE	20 AWG		Tipo	Hembra-macho	
HERRAMIENTAS					
Tijeras para cables					
Pela cables					
Pinza					
termo incogible					
pistola de calor					
PROCEDIMIENTO					
<p>1) primero con la tijera o el pela cables removemos 5 mm del material aislante del cable.</p>					
<p>2) colocar el cable sobre el terminal, y se procede asegurar la cubierta aislante al terminal, mediante el uso de unas pinzas.</p>					
<p>3) Se procede asegurar los hilos del cable al terminal.</p>					
<p>4) Una vez asegurado el terminal en el cable, se coloca termoencogible y con la pistola de calor aplicamos calor durante unos segundos.</p>					

<p>5) para terminar se verifica que este seguro el montaje aplicando una pequeña fuerza de tracción con las manos, verificando que el terminal quede asegurado en el cable.</p>	
recomendaciones	
<p>En caso de no quedar adherido el terminal con firmeza en el cable, se puede soldar con estaño la punta del cable al terminal, de esta manera se asegura en empalme. Este procedimiento se lo repite para los terminales machos o hembras sin ningún problema.</p>	

GUIA DE PROCEDIMIENTO PARA CRIMPAR CONECTORES EN CABLES.					
TIPO DE CABLE			Conector		
MARCA	Electro cables		MARCA		
MODELO	AWM		MODELO		
CALIBRE	16-18-20 AWG		Tipo	Ojo	
HERRAMIENTAS					
Tijeras para cables		  			
Pela cables					
Pinza					
termo incogible					
pistola de calor					
PROCEDIMIENTO					
1) primero con la tijera o el pela cables removemos 5 mm del material aislante del cable.			 		
2) colocar el cable sobre el terminal, y se procede asegurar la cubierta aislante al terminal, mediante el uso de unas pinzas.					
3) Se procede asegurar los hilos del cable al terminal.			 		

<p>4) Una vez asegurado el terminal en el cable se comprueba la sujeción del mismo, en caso de ser necesario se coloca termoencogible.</p>	
<p>recomendaciones</p>	