



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE QUITO**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CIRCUITO ELÉCTRICO PARA UN  
PROTOTIPO DE BAJO CONSUMO ENERGÉTICO QUE PARTICIPARÁ EN LA  
COMPETENCIA ESTUDIANTIL SHELL ECO-MARATHON.

Trabajo de titulación previo a la obtención  
del Título de Ingeniero Automotriz

AUTORES: EDISON ALEXIS TORRES CUNALATA

TITO STEVEN LEDESMA PÁEZ

TUTOR: JUAN PABLO TAMAYO BENAVIDES

Quito - Ecuador

2023

## **CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Nosotros, Edison Alexis Torres Cunalata con documento de identificación N° 1718479684 y Tito Steven Ledesma Páez con documento N° 1726891318 manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 11 de septiembre del año 2023

Atentamente,



---

Edison Alexis Torres Cunalata

1718479684



---

Steven Tito Ledesma Páez

1726891318

## **CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Edison Alexis Torres Cunalata con documento de identificación No. 1718479684 y Tito Steven Ledesma Páez con documento de identificación No. 1726891318, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: “Diseño e implementación del circuito eléctrico para un prototipo de bajo consumo energético que participará en la competencia estudiantil SHELL ECO-MARATHON”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingenieros Automotrices, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana

Quito, 11 de septiembre del año 2023

Atentamente,



---

Edison Alexis Torres Cunalata

1718479684



---

Tito Steven Ledesma Páez

1726891318

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Juan Pablo Tamayo Benavides con documento de identificación N° 1714824156 docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CIRCUITO ELÉCTRICO PARA UN PROTOTIPO DE BAJO CONSUMO ENERGÉTICO QUE PARTICIPARÁ EN LA COMPETENCIA ESTUDIANTIL SHELL ECO-MARATHON, realizado por Edison Alexis Torres Cunalata con documento de identificación N° 1718479684 Steven Tito Ledesma Páez con documento de identificación N° 1726891318, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción: Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 11 de septiembre del año 2023

Atentamente,



---

Ing. Juan Pablo Tamayo Benavides, MSc.

1714824156

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente proyecto a mis padres, que son y siempre serán un ejemplo a seguir, con su gran amor y apoyo que ha sido incondicional en toda mi formación académica, siempre guiándome por el camino correcto y haciéndome saber que no hay camino fácil para lo que uno anhela lograr. De la misma manera se lo dedico a todos mis compañeros que me supieron acompañar e impulsar en el mismo camino que todos nosotros iniciamos y ahora estamos a puertas de lograr terminarlo.

No puedo olvidarme de mi más preciada amiga, la chica por la cual todo esto empezó y con la frente en alto puedo decir que ella tiene una parte del esfuerzo inmenso que llevo alcanzar esta meta.

Torres Cunalata Edison Alexis.

Dedico el presente proyecto a todas las personas que han sido parte fundamental en mi camino hacia la culminación de esta tesis. En primer lugar, quiero expresar mi profunda gratitud a mi familia, quienes me han brindado su apoyo incondicional, paciencia y comprensión durante este arduo proceso.

No puedo pasar por alto mencionar a mi tutor y a todos los profesores y mentores que me han guiado y brindado su conocimiento a lo largo de esta investigación.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, de una u otra manera, han contribuido a la realización de esta tesis. Sus aportes, consejos y críticas constructivas han sido valiosos para la consolidación de mis ideas y la mejora de mi trabajo.

Ledesma Páez Steven Tito.

## **AGRADECIMIENTO**

Mis sinceros agradecimientos a los docentes que en toda instancia la mayoría de ellos lograron resolver hasta las dudas más absurdas que como estudiante se puede tener de los diversos temas que en sus días tratamos en clases.

Agradezco personalmente a mi docente tutor, por ser el guía en la escritura y correcta realización de este proyecto, el cual tiene todo el esfuerzo y conocimientos que en su momento él nos impartido, no puedo olvidar sus inolvidables frases, "las perlas de sabiduría" y "aprenderán que ya me he de morir", que en clases nos impartió para siempre recordar cosas importantes, las que hoy se ven reflejadas en nuestro proyecto.

Torres Cunalata Edison Alexis.

Mis más sinceros agradecimientos a mi tutor, Juan Pablo Tamayo Benavides, por su guía, apoyo y paciencia a lo largo de todo el proceso de investigación y redacción de esta tesis.

También quiero agradecer a todos los profesores y miembros del comité académico que dedicaron su tiempo y esfuerzo para evaluar y revisar esta tesis. Sus comentarios y sugerencias constructivas fueron invaluable para el enriquecimiento y la calidad final de este estudio.

Ledesma Páez Steven Tito.

## ÍNDICE GENERAL:

ÍNDICE GENERAL: .....	1-7
ÍNDICE DE TABLAS .....	1-9
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	1-9
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	1-10
RESUMEN .....	1-1
Palabras Claves:.....	1-2
ABSTRACT.....	1-3
Keywords:.....	1-4
INTRODUCCIÓN .....	1-5
PROBLEMA.....	1-6
Delimitación del problema. ....	1-7
Objetivo General. ....	1-8
Objetivos Específicos.....	1-8
MARCO TEÓRICO.....	1-9
CAPÍTULO I .....	1-9
1.    Fundamento Teórico.....	1-9
1.1    Ley de Ohm.....	1-9
1.2    Circuitos en Serie.....	1-10
1.3    Circuitos en Paralelo.....	1-10
1.4    Tarjetas conductoras .....	1-10
1.5    Arduino Mega 2560 .....	1-10
1.6    Designación de calibre de cableado AWG .....	1-11
1.7    Caída de voltaje.....	1-11
1.8    Competencia Shell Eco Marathon .....	1-12
1.9    Reglamento Shell Eco Marathon .....	1-13

1.10	Tipos de circuitos y conectores .....	1-14
1.10.2	Circuitos principales: .....	1-14
1.10.3	Circuitos de bajo voltaje: .....	1-15
1.10.4	Conectores usados en los circuitos de bajo voltaje.....	1-15
1.11	Características generales de los tipos de conectores .....	1-18
CAPITULO II .....		1-19
2.	Dimensionamientos de cableado y sus conexiones .....	2-19
2.1	Ecuación de Ohm.....	2-19
2.2	Factor de Seguridad .....	2-19
2.3	Factor de diseño .....	2-20
2.4	Efecto Joule.....	2-21
2.5	Cálculo de cableado y conexiones del circuito de bajo voltaje. ....	2-22
2.6	Requerimientos de diseño para el circuito bajo voltaje. ....	2-22
2.7	Fuente de alimentación principal .....	2-25
2.8	Datos teóricos de circuitos eléctricos del arnés de cables.....	2-26
CAPITULO III.....		2-27
3.	Fases de cálculo para designación del cableado eléctrico. ....	3-27
3.2	Cálculo de intensidad teórica de cada circuito anexo al arnés de cables. ....	3-27
3.3	Cálculo preselectivo mediante el uso del factor de seguridad y de diseño. ....	3-29
CAPITULO IV.....		3-42
4.	Acoplamiento del circuito de bajo voltaje .....	4-42
4.1	Diagramado del prototipo de bajo consumo de combustible.....	4-42
4.2	Implementación de los circuitos en el prototipo de competencia.....	4-42
4.3	Distribución del cableado eléctrico.....	4-46
CONCLUSIONES .....		4-54
RECOMENDACIONES .....		4-55

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	4-56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DE ILUSTRACIONES .....	4-57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DE TABLAS .....	4-58
ANEXOS. ....	4-59

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Partes y características de componentes anexos en el plano eléctrico. ....	2-23
Tabla 2 Características de la batería EARTHX.....	2-25
Tabla 3 Datos de resistencias de los componentes eléctricos.....	2-26
Tabla 4 Datos de amperaje de los componentes eléctricos que conforman el cableado del prototipo.....	3-28
Tabla 5 Datos de factor de seguridad y de diseño de los componentes eléctricos que conforman el cableado del prototipo. ....	3-32
Tabla 6 AWG.....	3-33
Tabla 7 Características de conductor calibre 8 AWG. ....	3-33
Tabla 8 Características de conductor calibre 16 AWG. ....	3-34
Tabla 9 Características de conductor calibre 18 AWG. ....	3-35
Tabla 10 Longitudes entre circuitos .....	3-36
Tabla 11 Datos de efecto Joule de los componentes eléctricos que conforman el cableado del prototipo.....	3-40

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Ecuación general de ley de Ohm .....	2-19
Ecuación 2 Factor de seguridad.....	2-19
Ecuación 3 Factor de diseño.....	2-20
Ecuación 4 : Ecuación general de efecto Joule.....	2-21
Ecuación 5 Ecuación para resistividad con respecto a una sección de cable. ....	3-37

Ecuación 6 Ecuación para determinar el área del conductor .....	3-40
---	------

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Ley de Ohm .....	1-9
Ilustración 2 Conectores de Engarce .....	1-15
Ilustración 3 Conectores tipo Faston .....	1-16
Ilustración 4 Conectores tipo Molex .....	1-16
Ilustración 5 Conectores tipo Deutsch.....	1-17
Ilustración 6 Conectores Circulares.....	1-17
Ilustración 7 Factor de corrección de la corriente máxima admisible en función de la temperatura ambiente, para conductores aislados instalados al aire .....	2-21
Ilustración 8 Diagrama eléctrico.....	2-23
Ilustración 9 Batería.....	2-25
Ilustración 10 Montaje de línea principal .....	4-43
Ilustración 11 Armado de los dispositivos de seguridad Botón de emergencia externo. .	4-43
Ilustración 12 Montaje de Switch de paso de corriente.....	4-44
Ilustración 13 Implementación de sistema de piloto muerto. ....	4-44
Ilustración 14 Fusible maestro.....	4-45
Ilustración 15 Fusilera .....	4-46
Ilustración 16 Montaje de Claxon. ....	4-47
Ilustración 17 Sistema de telemetría.....	4-47
Ilustración 18 Montaje pantalla Led.....	4-48
Ilustración 19 Montaje del sensor de temperatura.....	4-49
Ilustración 20 Montaje de módulo de radio de comunicación.....	4-49
Ilustración 21 Montaje del sensor de aire.....	4-50
Ilustración 22 Montaje de botón Reset. ....	4-50

Ilustración 23 Montaje del botón de arranque .....	4-51
Ilustración 24 Montaje de Motor de Arranque. ....	4-51
Ilustración 25 Montaje de Tira LED.....	4-52
Ilustración 26 Ubicación de la ECU .....	4-52
Ilustración 27 Montaje de la bobina de encendido .....	4-53

## RESUMEN

El dimensionamiento de cableado eléctrico es un aspecto crucial en la construcción de un prototipo de competencia, ya que garantiza una alimentación eléctrica confiable y segura a todos los componentes del vehículo. Para dimensionar el cableado, es necesario tener en cuenta varios factores, como la corriente que fluirá a través de los cables, la distancia que deben recorrer y el tipo de cable a utilizar.

En primer lugar, se debe determinar la corriente máxima que fluirá a través de los cables. Esto se puede calcular sumando las corrientes de todos los dispositivos eléctricos del vehículo. Es importante agregar un margen de seguridad a este cálculo para asegurar que el sistema pueda manejar picos elevados de corrientes, por ejemplo, debido a una falla en algún componente.

Una vez que se ha calculado la corriente máxima, se debe seleccionar el diámetro adecuado de los cables. Los cables de menor diámetro pueden calentarse y causar una caída de voltaje, lo que puede dañar los componentes del vehículo o provocar un mal funcionamiento. Por lo tanto, se debe seleccionar un cable con un diámetro adecuado para manejar la corriente prevista y evitar la caída de voltaje y el calentamiento de este.

Además, la distancia que deben recorrer los cables también es un factor importante en el dimensionamiento. Los cables largos tienen una mayor resistencia eléctrica, lo que puede provocar una caída de voltaje o una disminución en la corriente. Para minimizar este efecto, se pueden utilizar cables más gruesos o instalar amplificadores para aumentar la potencia de la señal eléctrica.

Por último, se debe seleccionar el tipo adecuado de cable para el vehículo. Los cables de cobre son una opción común para aplicaciones de alta corriente debido a su baja resistencia eléctrica, mientras que los cables de aluminio son más livianos y económicos, pero tienen una resistencia eléctrica más alta. También hay cables trenzados, que tienen una mayor flexibilidad y son adecuados para aplicaciones que requieren un movimiento frecuente.

**Palabras Claves:** dimensionamiento, cableado eléctrico, prototipo de competencia, corriente máxima, diámetro de los cables, caída de voltaje, resistencia eléctrica, distancia, tipo de cable, cobre, aluminio, cables trenzados.

## **ABSTRACT**

The sizing of the electrical wiring is a crucial aspect in the construction of a racing prototype, as it ensures a reliable and safe power supply to all vehicle components. When sizing the wiring, several factors must be taken into account, such as the current that will flow through the cables, the distance they must travel and the type of cable to be used.

First, the maximum current that will flow through the cables must be determined. This can be calculated by adding up the currents of all the electrical devices in the vehicle. It is important to add a safety margin to this calculation to ensure that the system can withstand high current peaks, e.g. due to component failure.

Once the maximum current has been calculated, the appropriate wire diameter must be selected. Smaller diameter cables can heat up and cause a voltage drop, which can damage vehicle components or cause a failure. Therefore, a cable with a suitable diameter must be selected to handle the expected current and to avoid voltage drop and heating.

In addition, the distance the cables must travel is also an important factor when sizing them. Long cables have higher electrical resistance, which can lead to a voltage drop or a decrease in current. To minimize this effect, thicker cables can be used or amplifiers can be installed to increase the power of the electrical signal.

Finally, it is necessary to choose the right type of cable for the vehicle. Copper wires are a common choice for high-current applications because of their low electrical resistance, while aluminum wires are lighter and cheaper, but have higher electrical resistance. There are also braided cables, which have greater flexibility and are suitable for applications that require frequent movements.

**Keywords:** sizing, electrical wiring, competition prototype, maximum current, cable diameter, voltage drop, electrical resistance, distance, cable type, copper, aluminum, stranded wires.

## INTRODUCCIÓN

Un prototipo de competencia ya sea de automóviles, bicicletas o cualquier otro tipo de vehículo eléctrico, tienen características específicas que deben considerarse al dimensionar. Por ejemplo, los vehículos de competencia suelen tener un alto nivel de consumo de energía, lo que implica el uso de cables con capacidad para soportar altas corrientes eléctricas. Además, estos vehículos suelen tener una gran cantidad de componentes eléctricos, por lo que es necesario planificar cuidadosamente la distribución y la protección de los cables de los sistemas eléctricos.

El primer paso para un adecuado dimensionamiento eléctrico es calcular la corriente máxima que fluirá a través de los circuitos del vehículo. Esto se puede hacer mediante la suma de las intensidades de corriente de todos los dispositivos que forman parte del sistema eléctrico incluyendo los motores y sistema de freno eléctricos, el sistema de iluminación y otros elementos que funcionan con energía.

Una vez que se ha calculado la corriente eléctrica máxima, se debe seleccionar el diámetro adecuado de los cables. Un cable de menor diámetro puede aumentar la resistencia eléctrica y provocar una caída de voltaje, lo que puede dañar los componentes eléctricos o incluso provocar un mal funcionamiento del vehículo. Por lo tanto, es esencial elegir un cable con un diámetro lo suficientemente grande como para soportar la corriente eléctrica prevista y evitar la caída de voltaje.

La distancia que recorren los cables también es un factor importante en el dimensionamiento eléctrico. Los cables largos pueden tener una mayor resistencia eléctrica, lo que puede provocar una caída de voltaje o una disminución en la corriente. Para minimizar este efecto, se pueden utilizar cables de mayor sección transversal o instalar amplificadores para aumentar la potencia de la señal eléctrica.

Además, es esencial elegir el material adecuado de cable para el vehículo. Los cables de cobre son una opción común para aplicaciones de alta corriente debido a su baja resistencia eléctrica, mientras que los cables de aluminio son más livianos y económicos, pero tienen una resistencia más alta. Los cables trenzados son de uso más común en el automóvil debido

a que tienen una mayor flexibilidad y son adecuados para aplicaciones que requieren un movimiento frecuente, a diferencia de los cables sólidos.

Es importante tener en cuenta que el dimensionamiento eléctrico no se limita al tamaño y tipo de cable, sino que también incluye la protección de los sistemas eléctricos. Esto puede incluir la selección de dispositivos de protección contra sobrecargas eléctricas, como fusibles o disyuntores, que pueden proteger los componentes eléctricos del vehículo y considerar los efectos medioambientales.

## **PROBLEMA**

La problemática del dimensionamiento del cableado eléctrico para un prototipo de competencia radica en la necesidad de equilibrar diferentes factores para asegurar que el vehículo funcione correctamente. Si el cableado es demasiado pequeño, puede haber una caída de voltaje o una sobrecarga eléctrica, lo que puede dañar los componentes eléctricos o provocar un mal funcionamiento del vehículo. Por otro lado, si el cableado es demasiado grande, se puede desperdiciar energía y aumentar el peso del vehículo, lo que puede afectar su rendimiento.

Además, el dimensionamiento del cableado eléctrico puede verse afectado por otros factores, como incrementar el peso en el vehículo y la ubicación de los componentes eléctricos. Si los cables están demasiado expuestos o mal colocados, pueden dañarse o interferir con otros componentes del vehículo. Por lo tanto, es importante realizar un análisis exhaustivo de la disposición de los componentes eléctricos y el cableado antes de comenzar el diseño y la construcción del prototipo de competencia.

Otra problemática que se presenta en el dimensionamiento del cableado eléctrico es la elección del tipo de cable adecuado. Como se mencionó anteriormente, existen diferentes tipos de cables, cada uno con características únicas que los hacen más adecuados para diferentes aplicaciones. Sin embargo, elegir el tipo incorrecto de cable puede provocar una disminución en la eficiencia y el rendimiento del vehículo.

## **Delimitación del problema.**

La competencia de prototipos que tiene un consumo eficiente de combustible se realiza a nivel mundial, siendo Brasil el país que tiene la acogida para la competencia denominada Shell Eco Marthon. Todos los componentes del prototipo deben soportar las condiciones de funcionamiento para las que fueron construidos adicionalmente las condiciones ambientales donde se realizará la competencia, en este caso se da en la ciudad de Río de Janeiro donde tiene un clima tropical en su gran mayoría de territorio, en donde durante el transcurso del año, la temperatura generalmente es de 12 °C a 29 °C y puede bajar a menos de 9 °C o subir a más de 32 °C. Además, la ubicación geográfica donde se realiza la competencia puede influir en la forma en que se prueba el prototipo antes y durante la competencia. Por ejemplo, las vibraciones de la estructura pueden afectar al cableado eléctrico si este es un alambre de cobre, por otra parte, si se usa un cable flexible este absorbe las vibraciones garantizando que el sistema eléctrico este funcional ante esta condición mecánica de operación del vehículo.

Otro aspecto importante para considerar es la disponibilidad de materiales y recursos locales para el cableado eléctrico. En algunos lugares, puede ser difícil encontrar los materiales específicos necesarios para el cableado eléctrico de alta calidad, lo que puede afectar la elección de los materiales y, por lo tanto, el dimensionamiento del cableado eléctrico.

### **Objetivo General.**

- Dimensionar el calibre del cableado aplicando normas internacionales vigentes analizando el consumo de corriente eléctrica de los componentes del prototipo de bajo consumo.

### **Objetivos Específicos.**

- Determinar las corrientes eléctricas de los componentes del prototipo y calcular la potencia disipada por la fuente de voltaje.
- Dimensionar y seleccionar el cableado ideal para el prototipo con conexiones eléctricas de bajo voltaje, mediante el uso de tablas internacionales para dar cumplimiento a estándares de seguridad y eficiencia.
- Comparar las corrientes obtenidas para realizar una síntesis de las conexiones de bajo voltaje.

# MARCO TEÓRICO

## CAPÍTULO I

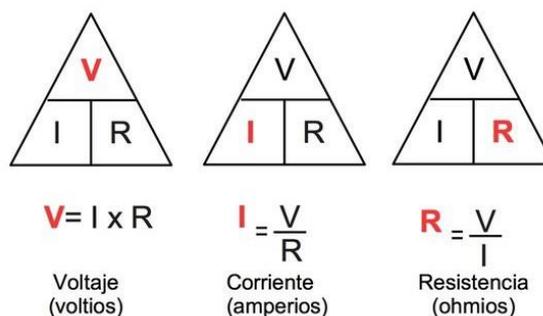
### 1. Fundamento Teórico

#### 1.1 Ley de Ohm

Según (José Acosta, 1999), esta relación que fue descubierta por Jorge Ohm, físico alemán nacido en 1789, la cual es la ecuación fundamental de la ciencia de la electricidad. En la práctica, la Ley de Ohm es utilizada por el electricista para calcular elementos de circuitos, como son el tipo de conductores que se va a emplear en una instalación y qué tipo de fusibles debe usar para proteger la misma.

También según (Mantilla, 2019), para seleccionar las clavijas, tomacorrientes y demás aparatos a utilizar. La cantidad de corriente de un circuito depende de la tensión y de la resistencia de este circuito. Si por un circuito pasa cierta cantidad de corriente, esto se debe a que una fuerza electromotriz, voltaje o tensión la obliga a hacerlo y que la intensidad de la corriente está limitada por la resistencia del circuito. Es decir, si le damos valores numéricos a la corriente, este dependerá de la cantidad que tengan la tensión y la resistencia, para esto se usa el triángulo de la Ley de Ohm que se muestra en la Ilustración 1.

*Ilustración 1 Ley de Ohm*



*Triangulo de Ley de Ohm [1]*

## **1.2 Circuitos en Serie**

Según (Enciclopedia digital, 2013), se llama circuito en serie a un tipo de circuito eléctrico provisto de un único camino para la corriente, que debe alcanzar a todos los bornes o terminales conectados en la red de manera sucesiva, es decir uno detrás de otro, conectando sus puntos de salida con el de entrada del siguiente.

## **1.3 Circuitos en Paralelo**

Según (Floyd, 2007), Cuando dos o más resistores se conectan individualmente entre dos puntos distintos, están en paralelo entre sí. Un circuito en paralelo proporciona más de una trayectoria para la corriente.

## **1.4 Tarjetas conductoras**

Las tarjetas conductoras en la electrónica son placas o circuitos impresos que permiten la conexión entre diferentes componentes electrónicos. Estas tarjetas son vitales en la construcción de sistemas eléctricos y electrónicos, ya que facilitan la transmisión de señales y la gestión de la energía eléctrica. La dimensión adecuada del cableado es crucial en la optimización de la eficiencia energética y la seguridad de los sistemas eléctricos. En el caso de los prototipos de competición, es aún más importante garantizar una correcta dimensión del cableado, ya que la eficiencia y la fiabilidad son elementos críticos en este tipo de aplicaciones. Para garantizar la seguridad y la calidad de los sistemas eléctricos, es fundamental seguir las normas y recomendaciones relevantes en el proceso de dimensionamiento del cableado.

## **1.5 Arduino Mega 2560**

Según (Danilo Muñoz Jaramillo, 2015) un Arduino tiene un tamaño aproximado de  $101.52 \times 53.3$  mm<sup>2</sup>, las cuales son las dimensiones de la placa, un microcontrolador implementado en la placa; principalmente del mismo dependerá la potencia del Arduino. 1-23 El parámetro indica el voltaje presente en las salidas digitales de la placa cuando estas son puestas a nivel alto (HIGH), tiene una cantidad de entradas y salidas de 54 pines, la corriente por pin es de 20 mA hasta un máximo de 3.3 mA.

## **1.6 Designación de calibre de cableado AWG**

El calibre AWG (American Wire Gauge) se utiliza para especificar el tamaño de los cables eléctricos. El calibre AWG asigna un número a cada tamaño de cable, siendo los números más bajos indicativos de cables más gruesos y los números más altos indicativos de cables más delgados.

En un prototipo de competencia, la elección del calibre AWG dependerá de varios factores, como la corriente que se va a transportar, la longitud del cable y las limitaciones de espacio y peso. Aquí hay algunas consideraciones generales:

Es importante recordar que las recomendaciones específicas de calibre AWG pueden variar según las regulaciones y estándares de seguridad aplicables a tu competencia. Siempre es recomendable consultar las normativas y requerimientos específicos de la competencia para garantizar el cumplimiento y la seguridad del prototipo.

## **1.7 Caída de voltaje**

Según (Jonathan Peña, 2012), la caída de voltaje es una disminución en el nivel de voltaje entre dos puntos de un circuito eléctrico debido a la resistencia de los componentes o conductores utilizados. Existen varios tipos de caída de voltaje, cada uno con sus propias características:

**Caída de voltaje en serie:** Ocurre cuando la resistencia de un componente o conductor provoca una disminución de voltaje a lo largo de un circuito en serie. La magnitud de la caída de voltaje depende de la resistencia y la corriente que fluye a través del componente.

**Caída de voltaje en paralelo:** Se produce cuando hay una resistencia o carga conectada en paralelo a una fuente de voltaje. La caída de voltaje ocurre directamente en el componente o carga y no afecta el voltaje en otros puntos del circuito.

**Caída de voltaje por corriente de arranque:** Sucede cuando un motor u otro dispositivo eléctrico arranca y requiere una corriente inicial alta para funcionar. Esta corriente de

arranque puede causar una caída de voltaje temporal en el sistema eléctrico hasta que el dispositivo alcance su velocidad nominal.

Caída de voltaje por carga o consumo: Ocurre cuando una carga o dispositivo eléctrico conectado a un circuito consume energía eléctrica. Cuanto mayor sea el consumo de energía, mayor será la caída de voltaje en el circuito.

Es importante tener en cuenta las caídas de voltaje en el diseño y la instalación de sistemas eléctricos para garantizar un suministro de energía adecuado y evitar problemas de funcionamiento de los dispositivos. También es posible mitigar las caídas de voltaje mediante el uso de conductores de mayor calibre, reduciendo la longitud de los cables, optimizando el diseño del circuito y utilizando reguladores de voltaje o estabilizadores.

## **1.8 Competencia Shell Eco Marathon**

Según (Shell Eco Marathon, 2019), el Shell Eco Marathon se remonta a 1939, cuando el jefe de investigación de Shell, Bob Greenshields, se asoció con sus colegas para descubrir quién podía extraer la mayor cantidad de combustible de los autos de carretera ajustados para maximizar la eficiencia energética. Bob ganó 49 millas por galón (20,8 km/L), estableciendo un récord y creando un legado que ha resistido la prueba del tiempo.

Shell Ecomarathon comenzó oficialmente en 1985 cuando 25 equipos se unieron en Francia para enfrentar sus vehículos de madera entre sí en un formato que sentó las bases de la carrera que conocemos y amamos hoy.

La competencia ha cambiado mucho desde entonces y hoy en día los equipos pueden elegir entre una variedad de opciones de energía, desde batería eléctrica hasta celdas de combustible de hidrógeno, utilizando materiales desde fibra de carbono avanzada hasta bambú.

## **1.9 Reglamento Shell Eco Marathon**

### **Artículo 24 Equipos y materiales: Seguridad eléctrica**

Según (Shell Brasil, 2018), la normativa de la Shell Eco Marathon en el apartado “J” sobre la seguridad eléctrica nos indica lo siguiente:

Todos los equipos eléctricos utilizados deben tener los fusibles adecuados.

ii. Los cables eléctricos deben estar en buen estado y apropiados para el equipo al que están destinados.

iii. Los equipos solo pueden usar una sola regleta de enchufes múltiples con protección interna contra sobre corriente.

### **Artículo 25 Diseño del Vehículo**

En el apartado “F” nos indica que: El compartimento de la energía (motor/transmisión/batería, etc.) debe ser de fácil acceso para una inspección rápida.

### **Artículo 31 Bocina**

a) Todos los vehículos deben estar equipados con una bocina eléctrica de las que se utilizan habitualmente en los automóviles actuales. Las bocinas para bicicletas o ciclistas ya no están permitidas.

b) La bocina debe montarse en la parte delantera del vehículo sin obstrucciones.

c) La bocina debe emitir un sonido superior a 85 dBA cuando se mide a 4 metros por delante del vehículo en funcionamiento. El claxon debe producir un sonido continuo de un solo tono cuando se active; no se permiten los chirridos ni los tonos de sirena.

d) La bocina debe ser alimentada por la batería del vehículo. Sin embargo, no es necesario que el Joule meter mida la potencia consumida por la bocina (véase el artículo 56: d) v).

## **Artículo 37: Parada de emergencia**

- a) El objetivo del sistema de parada de emergencia es desactivar el sistema de propulsión del vehículo. Los diferentes tipos de sistemas de propulsión requieren diferentes medidas para lograrlo.
- b) Los motores de encendido por chispa (gasolina, etanol) requerirán el mecanismo de parada de emergencia para apagar el encendido. No es necesario aislar la batería de accesorios.
- c) Los motores de encendido por compresión (diésel) requerirán el mecanismo de parada de emergencia para cortar el flujo de combustible o aire. No es necesario aislar la batería de accesorios.
- d) En los vehículos eléctricos de batería, el mecanismo de parada de emergencia debe aislar físicamente la batería de propulsión del sistema eléctrico del vehículo. El uso de un controlador de potencia u otra lógica. Para accionar un dispositivo de aislamiento. Si se utilizan relés, éstos deben ser del tipo de contacto normalmente abierto.

Para más información sobre las normas y reglas de la competencia de la Shell Eco Marathon revisar la bibliografía, también se puede acceder de forma gratuita en la página oficial de la competencia que se encontrara en los anexos.

### **1.10 Tipos de circuitos y conectores**

#### **1.10.2 Circuitos principales:**

Según (Milton Torres, 2017), 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.

### 1.10.3 Circuitos de bajo voltaje:

Según (Wilson Huamán, 2021), los circuitos de bajo voltaje son aquellos sistemas electrónicos diseñados para funcionar con tensiones eléctricas relativamente bajas, generalmente se refiere a voltajes inferiores a 50 voltios.

Estos se serán usados para circuitos integrados de baja potencia de voltaje, Los circuitos de bajo voltaje presentan ciertas ventajas, como una menor probabilidad de causar daño o lesiones en comparación con voltajes más altos. Además, suelen requerir menos energía y permiten el uso de componentes electrónicos de menor tamaño y coste.

### 1.10.4 Conectores usados en los circuitos de bajo voltaje

Según (Milton Torres, 2017), en los circuitos de bajo voltaje utilizados en prototipos de vehículos, se suelen emplear una variedad de conectores para garantizar conexiones seguras y confiables. Estos son algunos de los conectores comúnmente utilizados en este tipo de aplicaciones:

- Conectores de engarce: Son conectores eléctricos que se unen mediante un proceso de engarce o crimpado. Proporcionan una conexión sólida y segura, y se utilizan ampliamente en aplicaciones automotrices. Algunos ejemplos de conectores de engarce incluyen conectores de terminales macho y hembra. A continuación, en la ilustración 2 se muestra un ejemplo de este conector.

*Ilustración 2 Conectores de Engarce*



*Conector engarce [2]*

- Conectores tipo Faston: En la ilustración 3 se puede visualizar este tipo de conectores que se utilizan comúnmente en aplicaciones automotrices debido a que su desconexión es rápida. Estos conectores tienen lengüetas planas que se insertan en receptáculos correspondientes y se mantienen en su lugar mediante una acción de resorte.

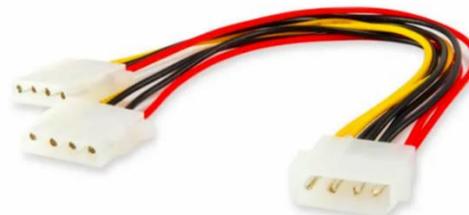
*Ilustración 3 Conectores tipo Faston*



*Conector Faston [3]*

- Conectores tipo Molex: Son conectores eléctricos modulares que utilizan una combinación de clavijas y receptáculos para formar conexiones. Como se puede ver en la Ilustración 4, estos conectores se utilizan ampliamente en electrónica y también se encuentran en aplicaciones automotrices.

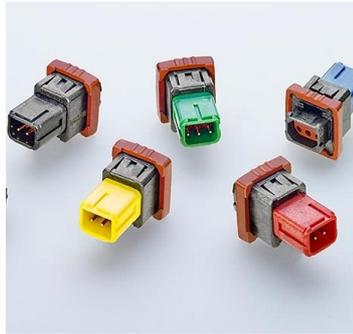
*Ilustración 4 Conectores tipo Molex*



*Conector Molex [4]*

- Conectores tipo Deutsch: Son conectores sellados utilizados en aplicaciones automotrices que requieren una alta protección contra la humedad, el polvo y las vibraciones. Estos conectores son duraderos y resistentes a condiciones ambientales adversas. En la ilustración 5 se muestra un ejemplo de este tipo de conector.

*Ilustración 5 Conectores tipo Deutsch*



*Conector De Detsch [5]*

- Conectores circulares: Son conectores que tienen una forma circular y se utilizan en una variedad de aplicaciones, incluidos los prototipos de vehículos. Como se puede ver en la ilustración 6, estos conectores proporcionan una conexión confiable y a menudo son resistentes al agua y al polvo.

*Ilustración 6 Conectores Circulares*



*Conector circular [6]*

### 1.11 Características generales de los tipos de conectores

- Es importante tener en cuenta que la selección de los conectores adecuados dependerá de las especificaciones y requisitos del prototipo de vehículo en particular, así como de las necesidades específicas de los circuitos de bajo voltaje involucrados.
- Los conectores en sí mismos no consumen energía, ya que su función principal es establecer conexiones eléctricas entre los componentes del circuito. Sin embargo, es importante tener en cuenta algunos aspectos relacionados con el consumo de energía en relación con los conectores utilizados en circuitos de bajo voltaje en vehículos:
- Eficiencia de la conexión: Un buen conector debe proporcionar una conexión eléctrica confiable y de baja resistencia. Una conexión deficiente o con alta resistencia puede generar pérdidas de energía en forma de calor, lo que afectaría la eficiencia general del circuito.
- Resistencia al paso de corriente: Los conectores utilizados en circuitos de bajo voltaje deben ser capaces de manejar la corriente eléctrica requerida por los dispositivos conectados sin generar una caída significativa de voltaje o aumentar la resistencia eléctrica. Conectores con contactos grandes y bien diseñados pueden minimizar las pérdidas por resistencia.
- Aislamiento eléctrico: Los conectores deben proporcionar un adecuado aislamiento eléctrico entre los contactos para evitar cortocircuitos y fugas de corriente no deseadas. Un buen aislamiento garantiza que la energía fluya por los caminos adecuados y evita pérdidas o derroche de energía.
- Materiales conductores de calidad: Los materiales utilizados en la fabricación de los conectores deben ser de alta calidad y conductividad para minimizar las pérdidas de energía. Los contactos metálicos de cobre o aleaciones conductoras son comunes en conectores de alto rendimiento. Es importante destacar que el consumo de energía en un circuito de bajo voltaje se ve más influenciado por los componentes y dispositivos conectados al sistema en general, en lugar de los conectores en sí mismos.

## CAPITULO II

### 2. Dimensionamientos de cableado y sus conexiones

Para este apartado se da a conocer los cálculos para el óptimo dimensionamiento del cableado para el circuito eléctrico, mediante diferentes análisis y obtención de datos utilizando diversas fórmulas.

#### 2.1 Ecuación de Ohm

Según (Pérez, 2021), Cuando se enuncia en forma explícita, significa que tensión = corriente x resistencia, o voltios = amperios x ohmios, o  $V = A \times \Omega$ .

*Ecuación 1 Ecuación general de ley de Ohm*

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

En donde:

$I$ : Intensidad en amperios (A)

$V$ : Diferencia de potencia en voltios (V)

$R$ : Resistencia en Ohmios ( $\Omega$ )

#### 2.2 Factor de Seguridad

Con base a la norma UNE-HD 60364-5-52 – 2022 y la guía BT-19 se establece que, el factor de seguridad es usado principalmente para poder obtener un mayor margen de precaución al momento de dimensionar un sistema eléctrico.

El factor de seguridad, en el cual se necesita saber que:

*Ecuación 2 Factor de seguridad.*

$$i' = f * i$$

Donde:

$i'$ : Intensidad con factor de seguridad.

$i$ : Intensidad del circuito.

$f$ : factor de seguridad.

Para el factor de seguridad se tomará un 20% del mismo, ya que el objetivo de este dimensionamiento es proteger su sistema electro y a su vez sin sobrecargar el sistema con un cable sobredimensionado.

### **2.3 Factor de diseño**

El factor de diseño ayuda a corregir la intensidad teórica que se obtiene mediante el cálculo de diversos circuitos sin tomar en cuenta factores medio ambientales.

La intensidad de diseño, de la cual se necesita saber que:

*Ecuación 3 Factor de diseño.*

$$i'' = \frac{i'}{f}$$

Donde:

$i''$ : Intensidad de diseño.

$i'$ : Intensidad con factor de seguridad.

$f$ : Factor de diseño.

*Ilustración 7 Factor de corrección de la corriente máxima admisible en función de la temperatura ambiente, para conductores aislados instalados al aire*

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	-	-	-	-	-	.

*Factor de corrección de la corriente máxima admisible [3]*

Se considera un factor de diseño de 0.85 cercano al indicado en la ilustración 7, el cual a nuestro criterio es uno admisible tanto para corrección de intensidad eléctrica media y seguridad del circuito.

## 2.4 Efecto Joule

Según (Briceño V., 20213), el cálculo de las secciones de los cables se basa en un criterio térmico para las máximas intensidades admisibles del conductor.

Este criterio se basa el efecto Joule, 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:

*Ecuación 4 : Ecuación general de efecto Joule*

$$Q = i^2 * R * T$$

Donde:

Q = Energía calorífica (J)

i = Intensidad de corriente (A)

R = Resistencia eléctrica (ohm)

$T = \text{Tiempo (seg)}$

El efecto Joule es una ley física que establece que la cantidad de calor generado en un cable eléctrico es directamente proporcional al cuadrado de la corriente, la resistencia y el tiempo.

## **2.5 Cálculo de cableado y conexiones del circuito de bajo voltaje.**

Según (Electro. C, 2018), para la selección de las secciones transversales correspondientes a los cables utilizados en el circuito de bajo voltaje se utilizará 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 de importadores que se encontró el país llamado Electrocables S.A, nos brinda la posibilidad que el cableado cumpla con los requisitos necesarios de los conductores requeridos para el cableado.

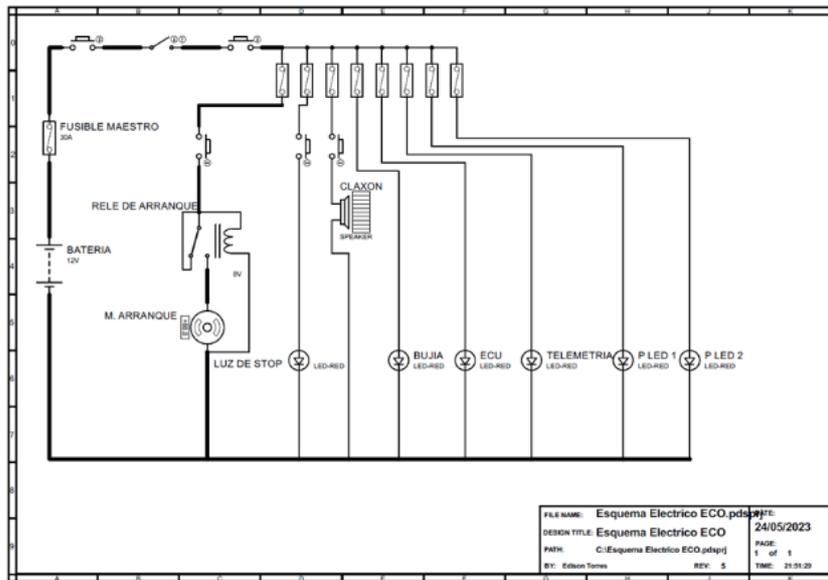
## **2.6 Requerimientos de diseño para el circuito bajo voltaje.**

Se deben considerar varios factores al diseñar circuitos de bajo voltaje, como la fuente de alimentación, la carga, la sensibilidad del circuito, la sobrecarga y la protección contra cortocircuitos.

Se debe elegir la fuente de alimentación adecuada, garantizar la compatibilidad de carga, minimizar la interferencia electromagnética, permitir la protección contra sobrecargas y cortocircuitos y maximizar la eficiencia energética.

A continuación, se presenta el diagrama de las conexiones realizadas para el prototipo, este circuito de bajo voltaje, se lo realizo por medio del simulador Proteus 8 Pro.

*Ilustración 8 Diagrama eléctrico*



*Diagrama del circuito eléctrico de bajo voltaje [Autores]*

A continuación, se presenta en la Tabla 1, los componentes que serán parte del sistema de circuitos que conforman el arnés de cables.

*Tabla 1 Partes y características de componentes anexos en el plano eléctrico.*

<i>N</i>	<i>Componente</i>
1.	Batería
2.	Fusible Maestro
3.	Botón de Emergencia
4.	Switch de Encendido
5.	Botón de sistema de piloto muerto

6.	Fusilera
7.	Botón de motor de arranque
8.	Relay de motor de Arranque
9.	Motor de Arranque
10.	Botón de activación de claxon
11.	Claxon
12.	Botón de activación tira led
13.	Tira led
14.	Sistema de telemetría + 2 pantallas led
15.	ECU
16.	Bobina

*Tabla de componentes que conforman parte del sistema eléctrico del prototipo [Autores]*

## 2.7 Fuente de alimentación principal

Para la alimentación de la batería el equipo de la UPS escogió la marca Earthx para circuito de bajo voltaje, como se muestra a continuación en la ilustración 9:

*Ilustración 9 Batería*



*Ilustración de batería EARTHx [Autores]*

A continuación, se presenta en la Tabla 2, las características de la batería Earthx.

*Tabla 2 Características de la batería EARTHx*

<i>Voltaje teórico</i>	12 (V)
<i>Voltaje real</i>	13.5 (V)
<i>Amperaje</i>	12 Ah

*Especificaciones de la batería EARTHx de bajo voltaje [1]*

La batería se encargará de acumular y de suministrar la corriente eléctrica por el prototipo para un funcionamiento normal de todos los equipos eléctricos y electrónicos del sistema.

## 2.8 Datos teóricos de circuitos eléctricos del arnés de cables

A continuación, se detalla la resistencia de los circuitos, los cuales serán usados para el cálculo de amperaje de cada uno de los componentes que conformarán el cableado del prototipo. En la Tabla 3, se da a conocer los datos de resistencia eléctrica teórica de cada uno de los sistemas.

*Tabla 3 Datos de resistencias de los componentes eléctricos.*

<i>Componente</i>	<i>R(<math>\Omega</math>)</i>
<i>Bocina</i>	6.56
<i>Tira LED</i>	5.65
<i>Sistema de Telemetría</i>	6.10
<i>ECU</i>	NA
<i>Bobina</i>	5.92
<i>Motor de Arranque</i>	0.6

*Tabla de resistencia eléctrica en cada uno de los circuitos anexos al arnés de cables*

*[Autores]*

## CAPITULO III

### 3. Fases de cálculo para designación del cableado eléctrico.

En este apartado se encuentran los datos recolectados y obtenidos para la designación del calibre del cableado según el amperaje, a su vez la utilización de una tabla general de la normativa AWG.

A su vez en esta sección se realizan cálculos para determinar el calibre del conductor para los circuitos de baja tensión. Con el fin de diseñar un arnés de cables el cual cumpla con las normativas de seguridad de la Shell Eco Marathon.

En consiguiente, con la ayuda de una matriz de selección, se seleccionan diferentes tipos de cables que cumplan con los requisitos para su implementación en el nuevo prototipo.

#### 3.2 Cálculo de intensidad teórica de cada circuito anexo al arnés de cables.

Mediante el uso de la Ecuación 1, para cálculo de intensidad mediante la ley de Ohm y a su vez extrayendo las resistencias teóricas de cada circuito en la Tabla 3, se determinará el amperaje de cada uno de los circuitos que conforman el cableado del prototipo.

1. Cálculo de amperaje para la Bocina.

$$\frac{12}{6.56} = 1.83 [A]$$

2. Cálculo de amperaje para Tira LED.

$$\frac{12}{5.65} = 2.12 [A]$$

3. Cálculo de amperaje para Sistema de Telemetría.

$$\frac{12}{6.10} = 1.97 [A]$$

4. Cálculo de amperaje para la ECU.

$$\frac{12}{4} = 3 [A]$$

Para el cálculo del amperaje de la computadora a usarse, se tomó el dato referencial de una computadora reprogramable, ya que el prototipo no dispone en la actualidad con una específica.

5. Cálculo de amperaje para la Bobina.

$$\frac{12}{5.92} = 2.03 [A]$$

6. Cálculo de amperaje para el Motor de Arranque.

$$\frac{12}{0.6} = 20 [A]$$

En la Tabla 4, se recopiló los datos calculados de intensidad teórica de cada circuito anexo al arnés de cables.

*Tabla 4 Datos de amperaje de los componentes eléctricos que conforman el cableado del prototipo.*

<i>Componente</i>	<i>i (A)</i>
<i>Bocina</i>	1.83
<i>Tira LED</i>	2.12
<i>Sistema de Telemetría</i>	1.97
<i>ECU</i>	3
<i>Bobina</i>	2.03
<i>Motor de Arranque</i>	20

*Tabla de intensidad eléctrica en cada uno de los circuitos anexos al arnés de cables  
[Autores]*

### 3.3 Cálculo preselectivo mediante el uso del factor de seguridad y de diseño.

Para la siguiente sección se extraerá las ecuaciones 2, la cual sirve para el cálculo de intensidad con un factor de seguridad y la ecuación 3, la cual sirve para el cálculo de la intensidad mediante un factor de diseño. A su vez mediante los datos de intensidad teórica calculada en la tabla 4, se obtendrá los datos previos para el cálculo por el efecto Joule.

- Claxon  $i = 1,83$  [A]

$$i' = f * i$$

$$i' = 1,2 * 1,83$$

$$i' = 2,196[A]$$

$$i'' = \frac{i'}{f}$$

$$i'' = \frac{2,156}{0,85}$$

$$i'' = 2,58 [A]$$

- Tira Led

$$i' = f * i$$

$$i' = 2,12 * 1,20$$

$$i' = 2,544 [A]$$

$$i'' = \frac{i'}{f}$$

$$i'' = \frac{2,544}{0,85}$$

$$i'' = 2,99 \text{ [A]}$$

- Sistema de telemetría

$$i' = f * i$$

$$i' = 1,97 * 1,2$$

$$i' = 2,364 \text{ [A]}$$

$$i'' = \frac{i'}{f}$$

$$i'' = \frac{2,364}{0,85}$$

$$i'' = 1,78 \text{ [A]}$$

- ECU

$$i' = f * i$$

$$i' = 1,2 * 3,13$$

$$i' = 3,6 \text{ [A]}$$

$$i'' = \frac{i'}{f}$$

$$i'' = \frac{3,6}{0,85}$$

$$i'' = 4,24 [A]$$

- Bobina

$$i' = f * i$$

$$i' = 1,2 * 2,03$$

$$i' = 2,436 [A]$$

$$i'' = \frac{i'}{f}$$

$$i'' = \frac{2,436}{0,85}$$

$$i'' = 2,87 [A]$$

- Motor de arranque

$$i' = f * i$$

$$i' = 1,2 * 20$$

$$i' = 24 [A]$$

$$i'' = \frac{i'}{f}$$

$$i'' = \frac{24}{0,85}$$

$$i'' = 28,24 [A]$$

En la Tabla 5, se presentarán los resultados de la intensidad de los circuitos mediante el factor de seguridad y su factor de diseño, respectivamente calculado en el aparatado anterior.

*Tabla 5 Datos de factor de seguridad y de diseño de los componentes eléctricos que conforman el cableado del prototipo.*

<i>Componente</i>	<i>i' [A]</i>	<i>i'' [A]</i>
<i>Bocina</i>	2,196	2,58
<i>Tira LED</i>	2.544	2,99
<i>Sistema de Telemetría</i>	2,364	2,78
<i>ECU</i>	3,6	4,24
<i>Bobina</i>	2,436	2,87
<i>Motor de Arranque</i>	24	28,24
<i>Sumatoria de corrientes</i>	37,14	43.7

*Tabla de factores de diseño para la preselección del cableado según la tabla AWG  
[Autores]*

En la siguiente tabla se determinará una preselección de calibre de conductor mediante los amperajes de operación que tendría cada uno de los circuitos de forma individual y a su vez de la línea principal.

Tabla 6 AWG

Calibre (AWG o kcmil)	Área	
	mm <sup>2</sup>	Circular mils
18	0.823	1620
16	1.31	2580
14	2.08	4110
12	3.31	6530
10	5.261	10380
8	8.367	16510
6	13.3	26240
4	21.15	41740
3	26.67	52620
2	33.62	66360
1	42.41	83690
1/0	53.49	105600
2/0	67.43	133100
3/0	85.01	167800
4/0	107.2	211600
250	127	—
300	152	—
350	177	—
400	203	—
500	253	—
600	304	—

Calibre AWG o kcmil	Temperatura máxima en conductor						Calibre AWG o kcmil
	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	
	Tipo	Tipo	Tipo	Tipo	Tipo	Tipo	
	TW UF	RHW THHW THW XHHW	RHH THHN XHH XHHW	TW UF	RHW THHW THW XHHW	RHH THHN XHH XHHW	
Cobre			Aluminio				
18	----	----	14	----	----	----	----
16	----	----	18	----	----	----	----
14	15	20	25	----	----	----	----
12	20	25	30	15	20	25	12
10	30	35	40	25	30	35	10
8	40	50	55	35	40	45	8
6	55	65	75	40	50	55	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	115	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	145	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	195	230	260	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400

Tabla para dimensionamiento y selección de cableado. [2]

Para la línea principal del circuito se utilizará un conductor de calibre 8 AWG de tipo TWUF, que es capaz de soportar una intensidad de corriente máxima de 40 amperios, entre otros aspectos que se describen a continuación en la Tabla 7:

Tabla 7 Características de conductor calibre 8 AWG.

Tipo	Característica
Calibre AWG	8

<i>Corriente máxima soportada</i>	40 amperios
<i>Temperatura máxima soportada</i>	60° C
<i>Voltaje máximo soportado</i>	600 V
<i>Recubrimiento</i>	PVC
<i>Sello de calidad INEN</i>	NTE INEN 2305

*Especificaciones del conductor [3]*

Para las conexiones de los negativos de cada uno de los circuitos anexos al cableado de prototipo, es necesario la utilización del cable calibre 16, el cual cuenta con las siguientes características, las cuales cumplen y abastecen con las necesidades que se tienen los distintos consumidores, como se presenta en la Tabla 8.

*Tabla 8 Características de conductor calibre 16 AWG.*

<i>Tipo</i>	<i>Característica</i>
<i>Calibre AWG</i>	16
<i>Corriente máxima soportada</i>	8 amperios
<i>Temperatura máxima soportada</i>	60° C
<i>Voltaje máximo soportado</i>	600 V
<i>Recubrimiento</i>	PVC

*Especificaciones del conductor [4]*

Para la conexión de alimentación para cada uno de los circuitos, se seleccionó el conductor calibre 18, el cual cuenta con las siguientes características, las cuales, de acuerdo con los cálculos anteriores, nos indican que este conductor es el óptimo para esta sección, como se indica en la Tabla 9.

*Tabla 9 Características de conductor calibre 18 AWG.*

<i>Tipo</i>	<i>Característica</i>
<i>Calibre AWG</i>	18
<i>Corriente máxima soportada</i>	6 amperios
<i>Temperatura máxima soportada</i>	60° C
<i>Voltaje máximo soportado</i>	600 V
<i>Recubrimiento</i>	PVC
<i>Sello de calidad INEN</i>	NTE INEN 2305

*Especificaciones del conductor [5]*

A su vez, la preselección de este tipo de cableado fue dada por:

- La disponibilidad del conductor de calibre 8, 16 y 18 el cual se encuentra en el mercado local y son de fácil adquisición.

- Al ser un circuito de bajo voltaje la mayoría de los componentes no superan de 1 a 2 amperio, lo cual en el sistema no será necesario el uso de cables de mayor calibre.
- El conductor de calibre 8 se usará en la línea principal del circuito y la conexión que tiene el motor de arranque en un corto trayecto.

Adicionalmente para la justificación de la preselección del calibre del cableado que será usado en el prototipo, se podrá determinarlo mediante el efecto Joule, se tendrá que calcular su resistividad en cada una de las secciones de cable, de acuerdo con su longitud entre cada uno de los dispositivos, como se evidencia en la Tabla 10.

*Tabla 10 Longitudes entre circuitos*

<i>Sección</i>	<i>Longitud [m]</i>
<i>Línea principal</i>	6
<i>Motor de Arranque</i>	1,35
<i>Luz LED</i>	2,56
<i>Sistema de Telemetría</i>	0,38
<i>ECU</i>	0,88
<i>Bocina</i>	2,41
<i>Bobina</i>	0,98

*Tabla de longitudes entre circuitos [Autores]*

Para determinar la resistividad que se tiene en cada una de estas secciones, se debe usar la siguiente ecuación:

*Ecuación 5 Ecuación para resistividad con respecto a una sección de cable.*

$$R = \rho * \frac{L}{A}$$

Donde:

R: Resistencia ( $\Omega$ )

$\rho$ : Resistividad del material ( $\Omega * \frac{mm^2}{m}$ )

L: Longitud de la sección de cable (m)

A: Área del tipo de cable a usarse ( $mm^2$ )

Mediante el uso de la Ecuación 5, se determinará la resistividad de cada conexión entre circuitos anexos a la línea principal. De la Tabla 6 se extraerá las áreas de las secciones de los distintos cables preseleccionados anteriormente y con ayuda de la Tabla 10, la cual brinda las longitudes de cada sección de conexión.

1. Cálculo de resistencia para sección del claxon.

$$R = 0.017 \frac{2.41}{0.82}$$

$$R = 0.04996 (\Omega)$$

2. Cálculo de resistencia para sección de la Tira LED.

$$R = 0.017 \frac{2.56}{0.82}$$

$$R = 0.0531 (\Omega)$$

3. Cálculo de resistencia para sección del Sistema de Telemetría.

$$R = 0.017 \frac{0.38}{0.82}$$

$$R = 0.007878 (\Omega)$$

4. Cálculo de resistencia para sección de la ECU.

$$R = 0.017 \frac{0.88}{0.82}$$

$$R = 0.01824 (\Omega)$$

5. Cálculo de resistencia para sección de la Bobina.

$$R = 0.017 \frac{0.98}{0.82}$$

$$R = 0.02032 (\Omega)$$

6. Cálculo de resistencia para sección del motor de arranque.

$$R = 0.017 \frac{1.35}{8.367}$$

$$R = 0.0027429 (\Omega)$$

Una vez obtenido la resistividad de las distintas secciones de conexión, se podrá calcular el factor de Joule mediante el uso de la Ecuación 2, la cual tiene la finalidad de verificar que el cable soportará una tensión nominal de corriente por un tiempo determinando sin darnos problemas con su temperatura interna.

1. Cálculo de efecto Joule para Bocina.

$$Q = 2.58^2 * 0.04996 * 60$$

$$Q = 19.9532 (J)$$

2. Cálculo de efecto Joule para Tira LED.

$$Q = 2.99^2 * 0.0531 * 60$$

$$Q = 28.4832 (J)$$

3. Cálculo de efecto Joule para Sistema de Telemetría.

$$Q = 2.78^2 * 0.007878 * 60$$

$$Q = 3.6531 (J)$$

4. Cálculo de efecto Joule para ECU.

$$Q = 4.24^2 * 0.01824 * 60$$

$$Q = 19.6747 (J)$$

5. Cálculo de efecto Joule para Bobina.

$$Q = 2.87^2 * 0.02032 * 60$$

$$Q = 10.04243 (J)$$

6. Cálculo de efecto Joule para Motor de Arranque.

$$Q = 28.24^2 * 0.0027429 * 60$$

$$Q = 131.24737 (J)$$

Para el motor de arranque, podemos evidenciar un aumento significativo en el efecto Joule a lo largo del tiempo de prueba, lo cual se denota que la energía que el motor de arranque obtiene a lo largo de ese minuto, también se convierte en energía calorífica.

Por ello dando que, al aumentar su temperatura, la resistencia baja y se necesitaría un cable de menor calibre, pero este efecto nos indica también que debemos comprobar el área de sección de conductor al que está sometido en la prueba.

*Ecuación 6 Ecuación para determinar el área del conductor.*

$$A = \frac{i'' * \rho * L}{V}$$

Mediante el uso de la Ecuación 6 la cual fue despejada de la ley de Ohm y con uso de la resistividad a la que está sometido el cable, podemos decir que:

$$A = \frac{28,24 * 0,017 * 212}{12}$$

$$A = 8,481 [mm^2]$$

Dando como resultado un área muy similar al presentado en la preselección de los conductores, con la cual se logró verificar la valides del calibre a usarse.

En la Tabla 11, se recopilará los datos calculados del efecto Joule.

*Tabla 11 Datos de efecto Joule de los componentes eléctricos que conforman el cableado del prototipo.*

<i>Componente</i>	<i>Q (J)</i>
<i>Bocina</i>	19,9532
<i>Tira LED</i>	28,4832
<i>Sistema de Telemetría</i>	3,6531
<i>ECU</i>	19,6747

<i>Bobina</i>	10,04243
<i>Motor de Arranque</i>	131,24737

*Tabla de datos obtenidos del efecto Joule [Autores]*

## **CAPITULO IV**

### **4. Acoplamiento del circuito de bajo voltaje**

En este apartado se evidencia el ensamble de los diferentes dispositivos que constituyen en el sistema eléctrico.

#### **4.1 Diagramado del prototipo de bajo consumo de combustible**

Este diagramado se lo realizo en el programa Proteus, en donde, se muestra la construcción y la designación del circuito a lo largo del prototipo de competencia de bajo consumo de combustible.

En el anexo 1 se encontrará el esquema del prototipo del lado superior como el lateral, en ambas perspectivas se muestra la distribución del cableado y como este fue organizado según las normativas de la competencia, Shell Eco Marathon para cumplir con todos los requisitos del reglamento y no tener inconvenientes a lo largo de la competencia.

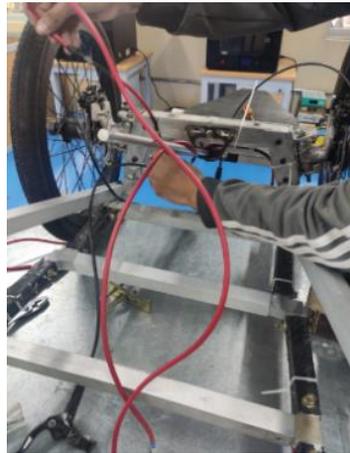
#### **4.2 Implementación de los circuitos en el prototipo de competencia**

A continuación, se incluye información sobre el orden en que se colocan los dispositivos en el chasis. En el cual se evidencia la construcción final de todos los componentes eléctricos y electrónicos a lo largo del prototipo, siguiendo las normas de seguridad de la Shell Eco Marathon.

- **Línea principal**

En la implementación de la línea principal, se seleccionó el conductor de calibre 8, el cual tiene la finalidad de proporcionar corriente a todos los dispositivos anexos de este circuito. Se lo implemento de tal forma que sea de fácil armado y desarmado. Como se evidencia en la ilustración 10.

*Ilustración 10 Montaje de línea principal*



*Montaje de línea principal [Autores]*

- **Componentes de seguridad eléctrica**

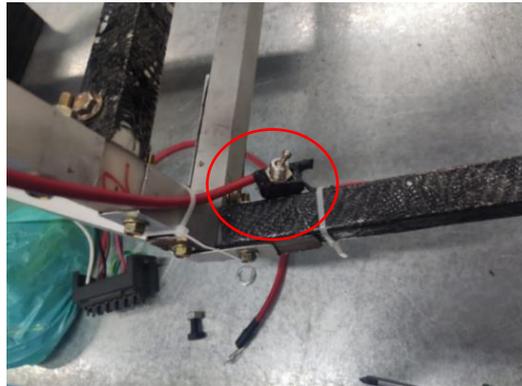
*Ilustración 11 Armado de los dispositivos de seguridad Botón de emergencia externo.*



*Botón de paro de emergencia externo [Autores]*

Se colocó este botón de emergencia como primera medida de seguridad ante fallos eléctricos, el cual cumple la función de cortar la corriente en caso de emergencia. Como se evidencia en la ilustración 11.

*Ilustración 12 Montaje de Switch de paso de corriente.*



*Switch de paso de corriente [Autores]*

A su vez se implementó un switch de paso de corriente como medida de seguridad antes del encendido del motor, el cual cumple con la finalidad de darnos a conocer que el vehículo esta previo a su activación. Como se evidencia en la ilustración 12.

*Ilustración 13 Implementación de sistema de piloto muerto.*



*Sistema de piloto muerto [Autores]*

Otro componente de seguridad es el sistema de piloto muerto, el cual debe cumplir las siguientes características:

- Según el reglamento de la Shell Eco Marathon es indispensable el uso de este dispositivo de seguridad, el cual ante cualquier emergencia dentro o fuera de pista, logra un corte efectivo de corriente y así salvaguardar la seguridad del piloto.
- Puede ser de tipo mecánico o electrónico, pero lo que debe lograr hacer es que, en caso de que el piloto llegue a desmayarse o llegue a perder el conocimiento, al momento de soltar el volante debe evitar el paso de corriente, y de esta manera apagando los sistemas anexos al mismo.

Su implementación se puede evidenciar en la ilustración 13.

*Ilustración 14 Fusible maestro*



*Fusible maestro [Autores]*

El siguiente sistema de seguridad es el fusible maestro de 40 amperios, este dispositivo se lo implemento adicionalmente para poder asegurar la integridad del circuito. Estos componentes previenen los saltos excesivos de corriente que se puedan originar inesperadamente. Como se evidencia en la ilustración 14.

*Ilustración 15 Fusilera*



*Fusilera de 6 pines [Autores]*

El siguiente componente necesario, es tener una fusilera, la cual debe de contar con conexión directa de la línea positiva tras el paso de los tres sistemas de seguridad anteriormente hablados. La finalidad de esta fusilera es, proporcionar alimentación a los distintos sistemas que conformarán en el arnés de cables. Como se evidencia en la ilustración 15.

### **4.3 Distribución del cableado eléctrico**

Para esta conexión se empezó determinando la ubicación fija de la fusilera, para poder distribuir los diferentes sistemas que conformaran en el arnés de cables, el cual contara con:

El Claxon o bocina está conectada por un conductor de calibre 18, el cual cuenta con un fusible de 10 amperios, al activarse por medio de un botón pulsador emitirá el sonido de esta, a su vez cuenta con una línea negativa de conductor de calibre 16, conectada directamente a la batería. Como se evidencia en la ilustración 16 a comunicación.

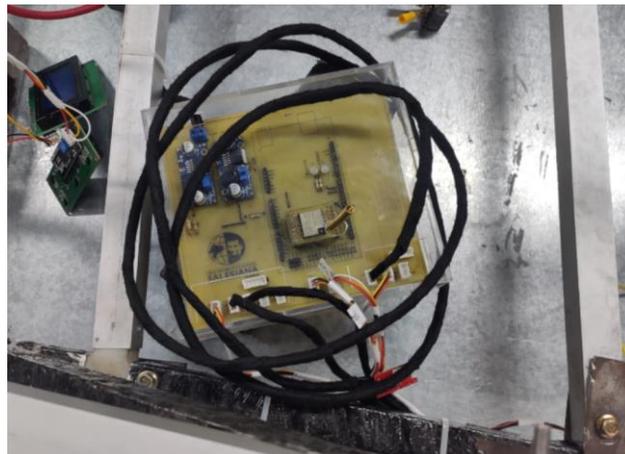
*Ilustración 16 Montaje de Claxon.*



*Montaje de Claxon [Autores]*

El sistema de telemetría está alimentado con un conductor de calibre 16, el cual tiene como protección un fusible de 10 amperios y una línea negativa de conductor de calibre 18. Esta conexión alimentará a los diversos circuitos que se encuentran dentro del mismo sistema. Como se evidencia en la ilustración 17 a continuación.

*Ilustración 17 Sistema de telemetría*

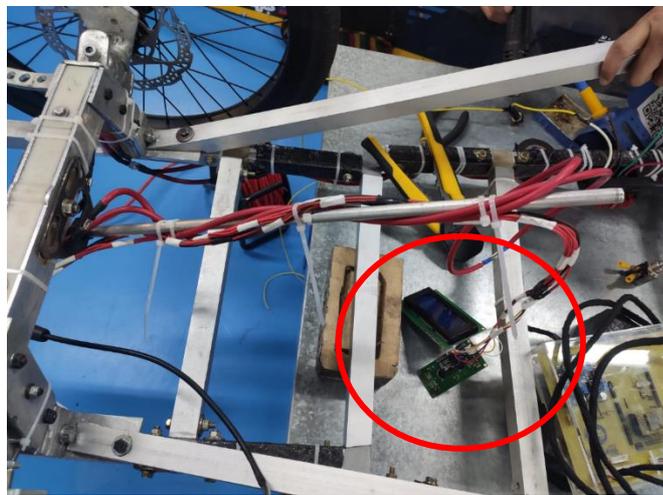


*Sistema de telemetría [Autores]*

En el sistema de telemetría consta de dos pantallas led, un sensor de temperatura para motor, un módulo de radiocomunicación, sensor de flujo de aire, botón reset; todos estos sistemas están distribuidos en distintas secciones del chasis, de tal forma que:

- Las pantallas LED, su cableado va a lo largo del chasis y sube por la columna de la dirección, lo cual hará que las pantallas queden a nivel visible en el volante del conductor del prototipo. Como se evidencia en la ilustración 18 a continuación.

*Ilustración 18 Montaje pantalla Led*



*Pantalla Led [Autores]*

- El sensor de temperatura del motor está colocado a un extremo del motor, con el fin de poder determinar la temperatura a la que está sometida la cabina. Esto tiene el fin de proteger el motor de recalentamientos. A su vez cuenta con una protección de su cableado con un recubrimiento de cinta de tela automotriz, el cual dará una mayor resistencia a las altas temperaturas que pueda presentar en la cabina de motor. Como se evidencia en la ilustración 19 a continuación.

*Ilustración 19 Montaje del sensor de temperatura*



*Sensor de temperatura [Autores]*

- El módulo de radio comunicación se lo colocó a lo largo del chasis, en el lugar más lejano al motor, ya que, si está cerca del motor, podría ocasionar interferencias. Como se evidencia en la ilustración 20 a continuación.

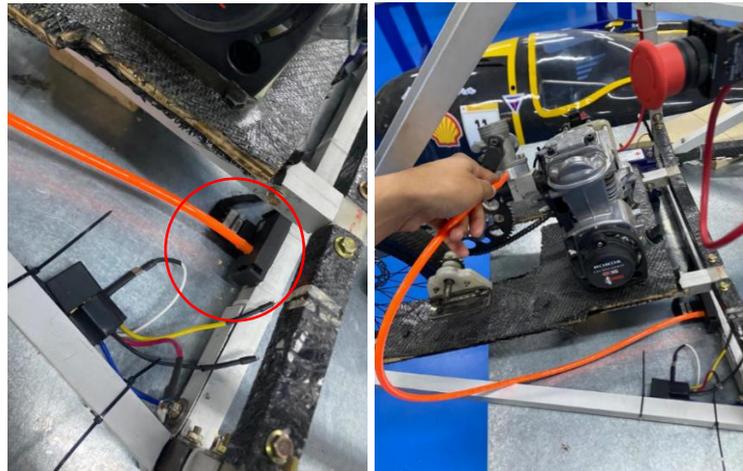
*Ilustración 20 Montaje de módulo de radio de comunicación*



*Montaje de módulo de radio de comunicación [Autores]*

- El sensor de flujo de aire, se lo coloco de tal manera que logre estar lo más cercano a la admisión de aire del motor. Como se evidencia en la ilustración 21 a continuación.

*Ilustración 21 Montaje del sensor de aire*



*Sensor de aire [Autores]*

- El botón de reset, está colocado a un extremo de la cabina, lo más accesible posible para tener un fácil acceso al mismo. Como se evidencia en la ilustración 22 a continuación.

*Ilustración 22 Montaje de botón Reset.*



*Montaje de botón Reset [Autores]*

El botón de accionamiento del motor de arranque está conectado con un conductor de calibre 12 el cual, al accionarse alimentará al relay que iniciará la activación del motor de arranque, logrando con esto el encendido del motor. Como se evidencia en la ilustración 23 a continuación.

*Ilustración 23 Montaje del botón de arranque*



*Botón de arranque [Autores]*

Montaje del motor de arranque, esta alimentado con un conductor calibre 8, cuenta con una protección de un fusible de 20 amperios, una línea negativa de conductor de calibre 12, la cual hace contacto con el armazón del motor de arranque mediante una amarradera metálica se sirve de soporte para el mismo, la cual se conectó directamente al negativo de la batería. Como se evidencia en la ilustración 24 a continuación.

*Ilustración 24 Montaje de Motor de Arranque.*



*Montaje de Motor de Arranque [Autores]*

La tira led está conectada de un conductor de calibre 18, el cual inicialmente se accionará por un botón pulsador en el pedal del freno, dando así que cada momento que se pise el pedal del freno, accionará la activación de la tira LED. Como se evidencia en la ilustración 25 a continuación.

*Ilustración 25 Montaje de Tira LED*



*Montaje de tira LED [Autores]*

El prototipo no cuenta con una computadora o ECU, especifica hasta la fecha de hoy, por lo que se seleccionó un lugar adecuado para su colocación, irá directamente conectada con un conductor calibre 18 a su alimentación y protegida con un fusible de 10 amperios. Como se evidencia en la ilustración 26 a continuación.

*Ilustración 26 Ubicación de la ECU*



*ECU [Autores]*

La Bobina de encendido será alimentada con un conductor calibre 18, el cual a su vez cuenta con una protección de 10 amperios. Como se evidencia en la ilustración 27 a continuación. Como se evidencia en la ilustración 27 a continuación.

*Ilustración 27 Montaje de la bobina de encendido*



*Bobina de encendido [Autores]*

## CONCLUSIONES

Mediante los cálculos obtenidos y las características reales que se obtuvo después de la implementación del cableado de acuerdo con la selección de los mismo, se logró evidenciar que su factibilidad y su correcto funcionamiento fue optimo, dando por esto una buena selección de cada uno de los distintos conductores, a su vez mediante diversos métodos y usos de distintas fórmulas, podemos concluir que:

Mediante el uso de la ley de Ohm y el factor de seguridad de un 20%, se corrobora que teóricamente se tendrá un conductor optimo, pero a su vez mediante el factor de diseño de 0.85, se logró ajustar a datos aproximadamente reales, dando esto un buen diseño del cableado eléctrico previo a su implementación.

El efecto Joule, nos presentó que el conductor seleccionado no se calentará a lo largo del uso del sistema y a su vez no afectara la longitud que tenga el mismo, lo cual se logra corroborar con el cálculo de las intensidades para cada conductor, dando esta de forma admisible y óptima para su funcionamiento, en excepción del motor de arranque, para el cual se debió considerar el calor producido por el mismo a lo largo del tiempo.

Para el motor de arranque se obtuvo que omitir la resistencia mediante la unión de dos fórmulas, la cual fue por la ley de Ohm y la resistividad que tiene un conductor mediante su longitud y su área transversal, ya que el mismo presentaba un calentamiento, el mismo que ocasionaba una reducción de la resistencia a lo largo de ese intervalo de tiempo, lo que produjo una caída de tensión. Lo que produjo una disminución del cableado por esta caída de tensión y a su vez un cálculo erróneo. Por lo que, al considerar omitir la resistencia, no ocurriría este efecto de calentamiento y se lograría determinar de forma correcta el conductor optimo a usarse mediante la sección trasversal del conductor.

## RECOMENDACIONES

- Considere la carga eléctrica de los diversos sistemas y componentes del prototipo, como el motor de arranque, las luces y los sistemas de comunicación, etc. Se recomienda el uso de fórmulas y la tabla apropiadas para la correcta selección del calibre del cableado a usarse.
- Planifique adecuada y cuidadosamente la distribución del cableado eléctricos. Evitando el contacto con otros componentes, como fuentes de calor o superficies de fricción.
- Evaluación de la influencia de la protección contra cortos circuitos en el dimensionamiento de cableado eléctrico: Investigar cómo los dispositivos de protección contra cortos circuitos afectan el dimensionamiento del cableado eléctrico y proponer pautas para un dimensionamiento adecuado.
- Usar los catálogos de los fabricantes para los diferentes conductores, ya que así podremos tener presente las características más exactas de los mismos y a su vez reducir el índice de error entre el diseño y los datos reales obtenidos después de la implementación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Briceño V. (20213). *Efecto Joule* . Artículo. <https://www.euston96.com/efecto-joule/>
- Danilo Muñoz Jaramillo. (2015). *Arduino Mega 2560*.  
<https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/arduino-mega-2560/>
- Electro. C. (2018). *FXT O TFF O TW-F | Electrocables*. Catalogo.  
<https://www.electrocable.com/index.php/es/categorias-productos/construccion/cobre/fxt-o-tff-o-tw-f.html>
- Enciclopedia digital*. (2013). Concepto.to. <https://concepto.de/circuito-en-serie/>
- Floyd, T. L. (2007). *PRINCIPIOS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS EDICIÓN OCTAVA* (Octava). [www.pearsoneducacion.net/floyd](http://www.pearsoneducacion.net/floyd)
- Jonathan Peña. (2012). *CAÍDA DE TENSIÓN*.
- José Acosta. (1999). *SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA CENTRO DE ELECTRICIDAD Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL-CEAI PROGRAMA DE FORMACIÓN MANTENIMIENTO ELECTRÓNICO A EQUIPOS DOMÉSTICOS Y DE PEQUEÑA INDUSTRIA ELECTRÓNICA BÁSICA*.
- Mantilla, G. (2019). *LA LEY DE OHM Elaboración del material*.
- Milton Torres. (2017). *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA*.
- Pérez, N. A. (2021). *Ley de Ohm*. Académica.  
<https://portalacademico.cch.unam.mx/cibernetica1/implementacion-de-circuitos-logicos/ley-de-ohm>
- Shell Brasil* . (2018). <https://www.shell.com.br/#>

Shell Eco-marathon. (2019). <https://www.shell.com.mx/energia-y-innovacion/shell-eco-marathon.html>

Wilson Huamán. (2021). *Estudio del diseño de un circuito de voltaje de referencia para aplicaciones de bajo voltaje y bajo consumo de energía.*

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DE ILUSTRACIONES

- [1] Gouveia, R. (2023, mayo 31). *¿Qué es la ley de Ohm y cuál es su fórmula?* Toda Materia. <https://www.todamateria.com/ley-de-ohm/>
- [2] Coelectrix, P. (2017, junio 21). *Terminales para cables eléctricos.* Coelectrix; coelectrix.com. <https://coelectrix.com/blog/terminales-para-cables-electricos>
- [3] Isaac. (2020, septiembre 10). *Faston: todo lo que necesitas saber sobre estos elementos.* Hardware libre. <https://hwlibre.com/faston/>
- [4] *¿Qué es un conector Molex y para qué sirve?* (s/f). GEEKNETIC. Recuperado el 29 de junio de 2023, de <https://www.geeknetic.es/Conector-Molex/que-es-y-para-que-sirve>
- [5] (S/f-e). Wwww.te.com. Recuperado el 29 de junio de 2023, de <https://www.te.com/es/products/brands/deutsch.html?tab=pgp-story>
- [6] *MS-5015 - Conectores Circulares.* (2020, diciembre 17). Amphenol; Amphenol Sudamérica. <https://amphenol.com.ar/Productos/circulares-standard-5015-2/>
- [7] Amazon. (2020). *EarthX Batería de fosfato de hierro de litio ETZ5G (LiFePo4) para todas las motos de cross, reemplaza las baterías de litio existentes: Automotriz.* <https://www.amazon.com/-/es/Bater%C3%ADa-fosfato-reemplaza-bater%C3%ADas-existentes/dp/B0752YQ817>
- [8] Administración Nacional de Usinas y Transmisiones Eléctricas (UTE)). (2017). *REGLAMENTO DE BAJA TENSIÓN INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS CAPÍTULO II.*

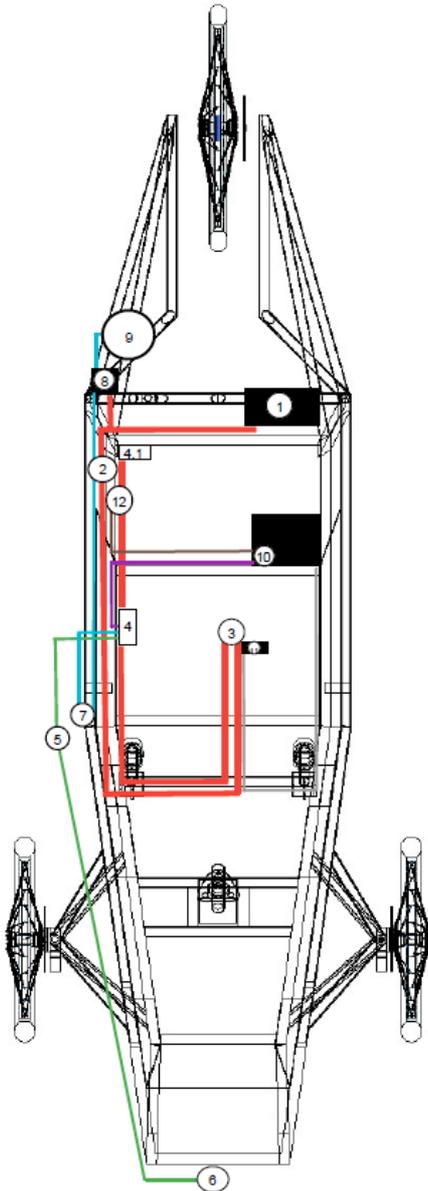
## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DE TABLAS

- [1] EarthX Baterías ETX680C batería de arranque de litio compacta para aviones experimentales con 60 Amp o menos alternador. (s/f). <https://www.amazon.com/-/es/Bater%C3%ADas-arranque-compacta-experimentales-alternador/dp/B07W4XRFJB>
- [2] *Conductores eléctricos y sus características*. (2022, diciembre 19). Eléctricistas.Cl. <https://electricistas.cl/conductores-electricos-y-sus-caracteristicas/>
- [3] *【 Cable Eléctrico Calibre 8 】*. (s. f.). Cables y Conductores Eléctricos. Recuperado 22 de junio de 2023, de <https://cablesyconductores.com/calibre-de-cables/cable-calibre-8/>
- [4] Parámetro, E., & De Hilos, F. (s/f). *FICHA TÉCNICA TFF #16 AWG FLEXIBLE*. Electrocable.com. Recuperado el 26 de junio de 2023, de [https://www.electrocable.com/uploads/product\\_shop/ficha-tecnica-tff-flexible-16.pdf](https://www.electrocable.com/uploads/product_shop/ficha-tecnica-tff-flexible-16.pdf)
- [5] (S/f-d). Electrocable.com. Recuperado el 26 de junio de 2023, de <https://www.electrocable.com/uploads/catficha/cata-logo-electrocables-2018.pdf>

## ANEXOS.

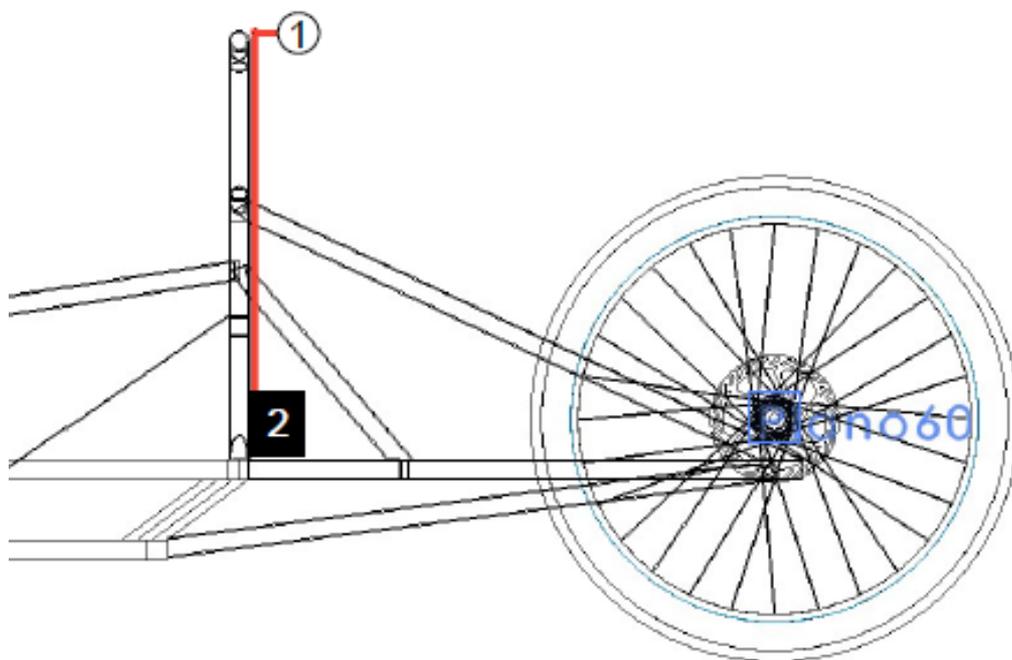
### Anexo1

#### Plano Superior



Numero	Sistema
1	Batería
2	Switch de paso de corriente
3	Sistema piloto muerto
4	Fusilera
4.1	Fusible maestro
5	Botón de claxon
6	Claxon
7	Botón de arranque
8	Relay de arranque
9	Motor de arranque
10	Sistema de telemetría
11	Pantallas Leds
12	Botón de reset de sistema de telemetría

## Plano Lateral



1. Botón de emergencia externo