



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**“Modificación del bastidor del prototipo de vehículo de competición formula SAE eléctrico mediante reglamento, para la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE”**

Muisin Velasque, Kevin Joel y Muzo Suquillo, Kevin Alexander

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

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

Ing. Arias Pérez, Ángel Xavier

21 de agosto del 2023

Latacunga

## TRABAJO INTEGRACION CURRICULAR ...

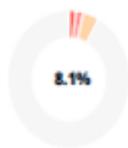
### Scan details

Scan time:  
August 21th, 2023 at 17:10 UTC

Total Pages:  
46

Total Words:  
11476

### Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
Identical	2%	224
Minor Changes	1.9%	217
Paraphrased	4.3%	492
Omitted Words	0%	0

### AI Content Detection



Text coverage  
 AI text  
 Human text

### 🔍 Plagiarism Results: (16)

🌐 **Materiales más usados en el Chasis de un auto | Mi...** 2%

<https://www.mitsubishi-motors.com.pe/blog/materiales-usa...>

Noticias Consejos SUV Pick Ups Mundo 4x4 Recall visita mitsubishi Noticias  
Consejos SUV Pick ...

🌐 **M-EPEL-MAT-0145.pdf** 2%

<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/31122/1/m-...>

GamaPC clienteç

1 Carátula Implementación del sistema hidráulico en un banco de  
entrenamiento de maquinaria pesada para la carrera de Tecnología Superio...

🌐 **ANSYS - Free 3D - Free Software - Download** 1%

<https://b2b.partcommunity.com/community/knowledge/es/d...>

Ing. Arias Pérez, Ángel Xavier

C.C.: 0503454811

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

### Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: **"Modificación del bastidor del prototipo de vehículo de competición formula SAE eléctrico mediante reglamento, para la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE"** fue realizado por los señores **Muisin Velasque, Kevin Joel**, y **Muzo Suquillo, Kevin Alexander**, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, agosto de 2023

Ing. Arias Pérez, Ángel Xavier

C.C: 050345481-1



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

#### Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Muisin Velasque, Kevin Joel**, y **Muzo Suquillo Kevin Alexander**, con cédulas de ciudadanía n°0550633507 y n°1725256505 declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **Modificación del bastidor del prototipo de vehículo de competición formula SAE eléctrico mediante reglamento, para la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE**, es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, agosto de 2023

**Muisin Velasque, Kevin Joel**  
C.C.: 0550633507

**Muzo Suquillo Kevin Alexander**  
C.C.: 1725256505



**Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica**

**Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz**

**Autorización de Publicación**

Nosotros **Muisin Velasque, Kevin Joel**, y **Muzo Suquillo Kevin Alexander**, con cédulas de ciudadanía n°0550633507 y n°1725256505, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **Modificación del bastidor del prototipo de vehículo de competición formula SAE eléctrico mediante reglamento, para la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

**Latacunga, agosto de 2023**

**Muisin Velasque, Kevin Joel**  
C.C.: 0550633507

**Muzo Suquillo Kevin Alexander**  
C.C.: 1725256505

### **Dedicatoria**

Me gustaría dedicar el proyecto primeramente a Dios, porque con su bendición y compañía me dio fuerzas para no rendirme y así cumplir un objetivo más en mi vida.

Es para mí una gran satisfacción dedicar con todo el amor y cariño a las personas que me llenaron de valores y me apoyaron desde el comienzo de mi vida mis padres, Jose Muisin y Martha Velasque, por los consejos, sacrificios que han logrado hacer de mí una persona mejor. Gracias por prestar atención a cada paso que doy, por extenderme la mano en cada obstáculo, ustedes han sido la luz de este arduo camino y el motivo más importante para seguir de pie.

También se lo dedico a mis hermanas, abuelitos, tíos, primos/as, amigos, compañeros y a todos los que durante mi vida universitaria me apoyaron sin esperar nada a cambio, ya que con sus buenos consejos y enseñanzas lograron que este sueño se haga realidad, de igual manera agradezco a mi tía Ofelia quien fue un pilar fundamental tanto en el proceso universitario como familiar, quien supo cuidar de mi como una madre, brindándome sus consejos y palabras de aliento las cuales me sirvieron para seguir adelante y no rendirme jamás.

### **Muisin Velasque, Kevin Joel**

En primer lugar, este proyecto se lo dedico a Dios, ya que con su bendición y compañía me ha dado fuerzas para poder seguir adelante en los momentos más difíciles de este periodo académico y también por ser un guía a lo largo de mi vida y ayudarme a cumplir una meta más de las que tengo por delante.

En lo personal es una satisfacción enorme poder cumplir esta meta y poderla dedicar a mis padres que me han brindado su amor y apoyo incondicional a lo largo de mi vida, mis padres Cesar Muzo y Andrea Suquillo, por los consejos, sacrificios los cuales han logrado crear de mí una mejor persona y ser humano. Gracias por estar ahí en mis momentos donde creía que ya no daba más, por estar ahí apoyándome y

diciéndome una y otra vez “tú puedes, no te rindas”, ustedes mis padres gracias por ser esa luz en mi camino y no dejarme solo en esta meta cumplida. Esto es por y para ustedes.

También se lo quiero dedicar a mis hermanos, tíos, abuelitos, primos/as, amigos, compañeros y a todas las personas que han influido en mi vida universitaria, ya que con sus consejos y enseñanzas me ayudaron a ser mejor y no rendirme para que esta meta que la veía lejos se haga realidad. En especial se lo dedico a mi Primo Fernando Muzo el cual falleció y ya no está conmigo en este momento, que a lo largo de mi vida me enseñó a ser fuerte y no rendirme jamás a pesar de lo que digan otras personas.

De igual manera agradezco a todas las personas que en su momento estuvieron en mi vida y me brindaron su apoyo, que por uno u otro motivo en este momento ya no están aquí en esta meta cumplida.

**Muzo Suquillo, Kevin Alexander**

## **Agradecimiento**

Ante todo, agradezco a Dios, por ser un guía único en mi camino estudiantil fortaleciéndome y brindándome sus bendiciones y cuidándome a mi familia los cuales fueron una inspiración para cumplir mis objetivos y metas.

Agradezco especialmente por las enseñanzas, los consejos, durante mi trayecto estudiantil a mis padres y hermanas por estar a mi lado a pesar de las dificultades o inconvenientes, agradezco por sus palabras de apoyo, las cuales me sirvieron para no decaer tanto en la vida universitaria o como persona, estoy muy agradecido con mi familia por brindarme su apoyo incondicional.

Me gustaría agradecer a mi asesor de tesis, el Ing. Xavier Arias por su invaluable guía y apoyo a lo largo de este proyecto. Quien siempre estuvo disponible para responder mis preguntas y brindarme comentarios, el cual me ayudó a desarrollar mi investigación y mis escritos. Estoy muy agradecido por su orientación y apoyo, no hubiera podido completar esta monografía sin su ayuda.

Finalmente, me gustaría reconocer el apoyo de mis primos en especial a Fabricio, Malron, Henry y a mi amiga Maria Jose por brindarme sus consejos y sus palabras de motivación, quiero agradecer a todos los que han contribuido a esta monografía de una forma u otra. Su ayuda y apoyo me han permitido aprender y crecer como persona.

**Muisin Velasque, Kevin Joel**

Sobre todas las cosas agradezco a Dios, por ser mi guía en los momentos más difíciles de este camino universitario, brindándome, fortaleciéndome con sus bendiciones y cuidados a mi familia que son lo más importante que tengo, ya que ellos son mi inspiración a seguir a delante y llegar a cumplir cada meta que tengo planeada.

Agradezco a mis padres y hermanos por los consejos y apoyo que me dieron durante mi proyecto de grado, por estar a mi lado a pesar de los problemas y

dificultades que se presentaron. Sus palabras de apoyo me sirvieron en lo personal para no rendirme en este camino universitario, por eso estoy muy agradecido con mi familia por los consejos durante todo este periodo donde nunca me dejaron solo.

Por otro lado, me gustaría agradecer a mi tutor de tesis, el Ing. Xavier Arias por sus consejos y apoyo a lo largo de este proyecto. El cual siempre estuvo abierto para cualquier duda que tenga y poder brindarme sus comentarios para un mejor desarrollo del proyecto, ya sea en lo investigativo o en lo escrito. Gracias por su apoyo a lo largo del proyecto y consejos que me ayudaron a tener una mejor culminación de la monografía ya que sin sus consejos no la hubiera culminado.

Y finalmente me gustaría agradecer a Cristian Yajamín y Martha Tituaña, que han sido como unos segundos padres a lo largo de mi vida ya que me han sabido apoyar y dar consejos cuando los eh necesitado.

**Muzo Suquillo, Kevin Alexander**

**ÍNDICE DE CONTENIDO**

<b>Caratula.....</b>	<b>1</b>
<b>Reporte de Verificación de contenidos .....</b>	<b>2</b>
<b>Certificación .....</b>	<b>3</b>
<b>Responsabilidad de Autoría.....</b>	<b>4</b>
<b>Autorización de publicación .....</b>	<b>5</b>
<b>Dedicatoria .....</b>	<b>6</b>
<b>Agradecimiento .....</b>	<b>8</b>
<b>Índice de contenido.....</b>	<b>10</b>
<b>Índice de figuras .....</b>	<b>15</b>
<b>Índice de tablas.....</b>	<b>17</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>18</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>19</b>
<b>Capítulo I: Introducción .....</b>	<b>20</b>
<b>Antecedentes .....</b>	<b>20</b>
<b>Planteamiento del problema .....</b>	<b>22</b>
<b>Justificación .....</b>	<b>23</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>24</b>
<i>Objetivo general.....</i>	<b>24</b>
<i>Objetivos específicos .....</i>	<b>24</b>
<b>Alcance .....</b>	<b>24</b>
<b>Capítulo II: Definición del Bastidor .....</b>	<b>25</b>
<b>Historia.....</b>	<b>25</b>

<b>Tipos de Bastidores .....</b>	<b>26</b>
<i>Tipo Escalera.....</i>	<i>26</i>
<i>Tipo Monocasco.....</i>	<i>26</i>
<i>Tipo Tubular .....</i>	<i>27</i>
<i>Tipo Independiente.....</i>	<i>28</i>
<i>Tipo Columna .....</i>	<i>28</i>
<i>Tipo Perimétrico.....</i>	<i>29</i>
<i>Tipo Plataforma.....</i>	<i>29</i>
<i>Tipo Autoportante.....</i>	<i>30</i>
<b>Soldadura .....</b>	<b>31</b>
<b>Tipos de Soldadura .....</b>	<b>31</b>
<i>Soldadura MIG/MAG.....</i>	<i>31</i>
<i>Soldadura TIG.....</i>	<i>31</i>
<i>Posiciones y secuencias de soldadura.....</i>	<i>31</i>
<i>Soldadura circular de 360°.....</i>	<i>31</i>
<i>Soldadura vertical ascendente de 180°.....</i>	<i>32</i>
<i>Soldaduras rectas.....</i>	<i>32</i>
<i>Soldadura horizontal .....</i>	<i>33</i>
<i>Punteado de la soldadura .....</i>	<i>33</i>
<i>Material de Aporte.....</i>	<i>34</i>
<i>Electrodo.....</i>	<i>34</i>
<i>Electrodos especiales .....</i>	<i>34</i>
<i>Electrodos comunes.....</i>	<i>34</i>

<b>Tipos de materiales .....</b>	<b>34</b>
<b><i>Acero .....</i></b>	<b>34</b>
<b><i>Tipos de acero.....</i></b>	<b>36</b>
<b><i>Aluminio.....</i></b>	<b>37</b>
<b><i>Magnesio.....</i></b>	<b>38</b>
<b>Proceso de corte.....</b>	<b>38</b>
<b><i>Térmico .....</i></b>	<b>38</b>
<b><i>Erosivo .....</i></b>	<b>39</b>
<b><i>Mecánico.....</i></b>	<b>39</b>
<b>Pesos de carga .....</b>	<b>39</b>
<b><i>Peso del Motor .....</i></b>	<b>40</b>
<b><i>Peso de la Batería.....</i></b>	<b>40</b>
<b><i>Peso del Asiento.....</i></b>	<b>40</b>
<b><i>Peso del Conductor.....</i></b>	<b>40</b>
<b><i>Peso de la Carrocería .....</i></b>	<b>40</b>
<b>Requisitos del Bastidor .....</b>	<b>41</b>
<b><i>Estructura Primaria.....</i></b>	<b>41</b>
<b><i>Tubos doblados o tubos múltiples.....</i></b>	<b>41</b>
<b>Programas de diseño .....</b>	<b>42</b>
<b><i>Software CAD.....</i></b>	<b>42</b>
<b><i>Software CAE.....</i></b>	<b>43</b>
<b>Software ANSYS .....</b>	<b>43</b>
<b><i>Selección de productos ANSYS.....</i></b>	<b>45</b>

Capítulo III: Proceso de construcción .....	46
Diseño .....	46
<i>Comprobación de dimensiones</i> .....	46
<i>Chasis modificado según la normativa SAE</i> .....	47
Análisis estático – ANSYS.....	49
<i>Evaluación de calidad de malla</i> .....	49
<i>Parámetros de tubos Formula SAE</i> .....	51
<i>Configuración de parámetros de frontera</i> .....	52
<i>Simulación durante aceleración</i> .....	52
<i>Simulación durante frenado</i> .....	53
<i>Simulación durante curva</i> .....	53
<i>Cargas aplicadas en el bastidor SAE</i> .....	54
Modelaje del Volante .....	55
Construcción.....	61
<i>Construcción del chasis tubular</i> .....	61
<i>Requerimientos de construcción</i> .....	62
Modificación del bastidor .....	63
Capítulo IV: Protocolo de pruebas .....	66
Pruebas en ruta.....	67
Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones.....	71
Conclusiones .....	71
Recomendaciones .....	72
Bibliografía.....	73

**Anexos..... 75**

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Bastidor Tipo Escalera</i> .....	<b>26</b>
<b>Figura 2</b> <i>Bastidor Tipo Monocasco</i> .....	<b>27</b>
<b>Figura 3</b> <i>Bastidor Tipo Tubular</i> .....	<b>27</b>
<b>Figura 4</b> <i>Bastidor tipo independiente</i> .....	<b>28</b>
<b>Figura 5</b> <i>Bastidor tipo columna</i> .....	<b>28</b>
<b>Figura 6</b> <i>Bastidor Perimétrico</i> .....	<b>29</b>
<b>Figura 7</b> <i>Bastidor de Plataforma</i> .....	<b>30</b>
<b>Figura 8</b> <i>Bastidor de Tipo Autoportante</i> .....	<b>30</b>
<b>Figura 9</b> <i>Soldadura circular de 360°</i> .....	<b>32</b>
<b>Figura 10</b> <i>Soldadura vertical ascendente de 180°</i> .....	<b>32</b>
<b>Figura 11</b> <i>Soldadura vertical ascendente</i> .....	<b>33</b>
<b>Figura 12</b> <i>Soldadura horizontal</i> .....	<b>33</b>
<b>Figura 13</b> <i>Chasis de acero</i> .....	<b>35</b>
<b>Figura 14</b> <i>Chasis de Aluminio</i> .....	<b>37</b>
<b>Figura 15</b> <i>Software CAD</i> .....	<b>43</b>
<b>Figura 16</b> <i>Software CAE</i> .....	<b>43</b>
<b>Figura 17</b> <i>ANSYS Aplicado a la ingeniería</i> .....	<b>44</b>
<b>Figura 18</b> <i>Chasis del SAE para la modificación</i> .....	<b>47</b>
<b>Figura 19</b> <i>Modelado por Software INVENTOR</i> .....	<b>47</b>
<b>Figura 20</b> <i>Modelado bastidor SAE</i> .....	<b>48</b>
<b>Figura 21</b> <i>Lineas de construcción de un Formula SA</i> .....	<b>48</b>
<b>Figura 22</b> <i>Detalles del mallado</i> .....	<b>50</b>
<b>Figura 23</b> <i>Mallado del bastidor</i> .....	<b>50</b>
<b>Figura 24</b> <i>Parámetros establecidos para la estructura tubular Formula SAE</i> .....	<b>51</b>
<b>Figura 25</b> <i>Dimensiones tubulares SAE eléctrico</i> .....	<b>51</b>
<b>Figura 26</b> <i>Cargas aplicadas en el bastidor</i> .....	<b>52</b>
<b>Figura 27</b> <i>Aplicación de fuerza ACELERACIÓN</i> .....	<b>52</b>

<b>Figura 28</b> <i>Aplicación de fuerza FRENADO</i> .....	<b>53</b>
<b>Figura 29</b> <i>Aplicación de fuerza en curvas</i> .....	<b>54</b>
<b>Figura 30</b> <i>Análisis de cargas</i> .....	<b>54</b>
<b>Figura 31</b> <i>Esfuerzos máximos y mínimos</i> .....	<b>55</b>
<b>Figura 32</b> <i>Volante para vehículos de competición</i> .....	<b>56</b>
<b>Figura 33</b> <i>Base del volante</i> .....	<b>56</b>
<b>Figura 34</b> <i>Distancia de los agarres del volante</i> .....	<b>57</b>
<b>Figura 35</b> <i>Herramientas de INVENTOR</i> .....	<b>57</b>
<b>Figura 36</b> <i>Extrusión de la Base</i> .....	<b>58</b>
<b>Figura 37</b> <i>Empalme de las 4 esquinas</i> .....	<b>58</b>
<b>Figura 38</b> <i>Empalme de los filos de la base</i> .....	<b>59</b>
<b>Figura 39</b> <i>Pieza Extruida</i> .....	<b>59</b>
<b>Figura 40</b> <i>Empalme de las esquinas interiores</i> .....	<b>60</b>
<b>Figura 41</b> <i>Empalme de los agarres del volante</i> .....	<b>60</b>
<b>Figura 42</b> <i>Finalización de la parte delantera del volante</i> .....	<b>61</b>
<b>Figura 43</b> <i>Espectro de calidad de métricas</i> .....	<b>62</b>
<b>Figura 44</b> <i>Análisis para la modificación del bastidor</i> .....	<b>63</b>
<b>Figura 45</b> <i>Retiro de la carcasa para la modificación del bastidor</i> .....	<b>63</b>
<b>Figura 46</b> <i>Corte de tubos para la modificación del bastidor</i> .....	<b>64</b>
<b>Figura 47</b> <i>Tubos cortados para la modificación del chasis</i> .....	<b>64</b>
<b>Figura 48</b> <i>Bastidor modificado final</i> .....	<b>65</b>
<b>Figura 49</b> <i>Formula SAE</i> .....	<b>67</b>
<b>Figura 50</b> <i>Pista establecida en el barrio El Niagara</i> .....	<b>68</b>
<b>Figura 51</b> <i>Rutas de Pruebas</i> .....	<b>69</b>
<b>Figura 52</b> <i>Comportamiento del bastidor y carrocería</i> .....	<b>70</b>

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b> <i>Masas principales del vehículo</i> .....	<b>40</b>
<b>Tabla 2</b> <i>Peso del vehículo eléctrico</i> .....	<b>41</b>
<b>Tabla 3</b> <i>Materiales utilizados</i> .....	<b>61</b>

## Resumen

El objetivo principal de este estudio teórico es comprender los beneficios y el proceso de modificación del bastidor de una fórmula SAE eléctrico es un proceso complejo que requiere un conocimiento profundo de la ingeniería mecánica y de las reglas de la competencia. El objetivo de las modificaciones es mejorar el rendimiento del vehículo en términos de velocidad, aceleración y manejo. Cumpliendo con cada una de los parámetros establecidos bajo la normativa para los vehículos de competición. Una de las modificaciones más comunes es el uso de un material más ligero para el bastidor. Esto puede reducir el peso del vehículo y mejorar su relación potencia-peso. Otros tipos de modificaciones incluyen el uso de una suspensión más eficiente, frenos más potentes y un sistema de refrigeración más efectivo. Las modificaciones al bastidor deben realizarse cuidadosamente para asegurarse de que no se violen las reglas de la competencia. Los beneficios de modificar el bastidor de un Formula SAE eléctrico son numerosos. Un vehículo más ligero y potente será más rápido y ágil en la pista. Esto le dará una ventaja competitiva en las carreras. Además, un vehículo más ligero y eficiente además de menos energía para funcionar, lo que puede reducir los costos de operación.

*Palabras clave:* Modificación del bastidor, formula SAE, Potencia-peso.

### **Abstract**

The main objective of this theoretical study is to understand the benefits and the process of modifying the frame of an electric SAE formula is a complex process that requires a deep knowledge of mechanical engineering and competition rules. The goal of the modifications is to improve the performance of the vehicle in terms of speed, acceleration and handling. One of the most common modifications is the use of a lighter material for the frame. This can reduce the weight of the vehicle and improve its power-to-weight ratio. Other types of modifications include the use of more efficient suspension, stronger brakes, and a more effective cooling system. Modifications to the frame must be done carefully to ensure that the competition rules are not violated. The benefits of modifying the frame of an electric Formula SAE are numerous. A lighter and more powerful vehicle will be faster and more agile on the track. This will give you a competitive advantage in racing. Plus, a lighter, more efficient vehicle plus less energy to run, which can lower operating costs.

*Keywords:* Frame modification, SAE formula, Power-to-weight.

## Capítulo I

### Introducción

#### Antecedentes

El bastidor es una estructura rígida a la que se sujetan de alguna manera los diversos elementos mecánicos que componen un vehículo, tales como el motor, la transmisión, sistema de dirección, sistema de suspensión, sistema de frenos, sistema de tracción y la suspensión. Gracias a la innovación se han ido mejorando para un mejor traslado y confortabilidad, puede proporcionar estética y funciones específicas mientras cumple. Cada automóvil necesita un núcleo estructural, un esqueleto que mantiene unidos todos los elementos, como el resto del vehículo.

El bastidor o marco no solo debe actuar como soporte, sino que también debe cumplir con ciertos requisitos para garantizar que todos los elementos permanezcan en su lugar sin tensiones indebidas.

De acuerdo con (Vargas & Balcazar, 2018): en su trabajo de fin de grado “DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL SISTEMA DE PROPULSIÓN PARA UN PROTOTIPO DE AUTO ELECTRICO BIPLAZA UTA-CIM17”, los motores de corriente continua tienen varias aplicaciones tanto en la motorización de máquinas y vehículos. No obstante, es útil comprender cómo se ha desarrollado y evolucionado la motorización en los últimos dos siglos, especialmente desde el momento en que la electricidad estuvo disponible y, por lo tanto, el advenimiento de la corriente continua (CC), la primera forma de electricidad generada y utilizada.

De acuerdo con (Paredes & Pérez, 2016): en su trabajo de fin de grado “SELECCIÓN DEL MOTOR ELÉCTRICO, CONTROLADOR Y BATERIA PARA EL VEHÍCULO FORMULA SAE DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA”, los motores de CC tienen una variedad de aplicaciones en la motorización de máquinas y vehículos. No obstante, es útil comprender cómo se ha desarrollado y evolucionado la motorización en los últimos dos siglos, especialmente desde el momento en que la

electricidad estuvo disponible y, por lo tanto, el advenimiento de la corriente continua (CC), la primera forma de electricidad generada y utilizada.

El primer chasis apareció en 1927 el cuerpo está parcialmente reforzado por la madera, inicialmente, el chasis o bastidor era de dicho material, pero posteriormente se añadieron elementos metálicos, perfiles iniciales y tubos, y posteriormente se añadieron placas con remaches como elementos de unión. En la década de 1930, las empresas automotrices comenzaron a utilizar láminas de acero para fabricar vehículos completos.

Varios prototipos están trabajando actualmente para mejorar el diseño. Una de las cosas más importantes es el bastidor, esto es muy importante para el desarrollo de los automóviles, la seguridad de los conductores y la mejora de la aerodinámica durante la conducción. En las últimas décadas se han incorporado nuevas tecnologías al mundo del automóvil, puede encontrar una serie de documentos que incluyen diferentes piezas e información de proceso. Los resultados obtenidos por algunos materiales y equipos apropiados durante el proyecto muestran adaptabilidad y durabilidad de la operación de la herramienta de operación.

Las competiciones, el rally y las competiciones de mapas, muestran que los vehículos eléctricos están ingresando en el mercado automotriz tanto en la competencia como en el lugar de trabajo debido a varias ventajas sobre los vehículos con MCI. Una es aumentar la eficiencia energética y reducir el consumo de energía al mismo tiempo que se reduce la contaminación.

## Planteamiento del problema

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPEL de la carrera Tecnología Superior en mecánica Automotriz su objetivo es mejorar los estándares existentes de práctica y teoría. Su propósito es ayudar a los estudiantes a comportarse correctamente demostrando sus conocimientos, aplicando lo que han adquirido en el proceso académico dentro de la Institución.

En la ciudad de Latacunga de la carrera Tecnología Superior en Mecánica Automotriz existe un prototipo de competición formula SEA eléctrico el cual fue diseñado y construido por estudiantes de dicha carrera, el cual presenta problemas en su dimensionamiento según las normativas SEA.

El problema apareció una vez que el proyecto fue entregado a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, donde luego de analizar profundamente el diseño del SEA eléctrico se pudo observar que las dimensiones no corresponden a las emitidas por el reglamento. El bastidor y la carrocería, debe ser maleable, ligero, rígido y capaz de garantizar la estabilidad del vehículo a lo largo de la competición o el uso dado al mismo. Al no cumplir con el reglamento y las características necesarias puede llegar a colapsar tanto el bastidor como la carrocería en el momento de una colisión y esto generaría daños graves al piloto.

Al no generar una solución con lo mencionado anteriormente el bastidor del vehículo de competición formula SAE eléctrico será más pesado, trayendo consigo un alto grado de inseguridad al conductor debido a la falta de dimensionamiento apropiado según la normativa aplicada.

En caso de no dar solución al problema el cual consta en seguir y aplicar la normativa correspondiente, en este caso correría riesgo el piloto y por otra parte ya no se podría tomar como referencia o elemento de seguridad para prototipos futuros.

## **Justificación**

Con el proyecto realizado se obtendrá un bastidor que cumpla con las normativas de una competición para un vehículo eléctrico formula SAE en el cual se pretende generar un mayor rendimiento garantizando la resistencia del bastidor.

La finalidad que se tiene al construir este bastidor es generar aspectos positivos que ayuden a mejorar el rendimiento del vehículo de competición de formula S.A.E eléctrico, generado un análisis e investigación más profunda, teniendo en cuenta entre los aspectos más importantes la selección correcta del tipo de material que se va a usar en el vehículo el cual debe ser el adecuado para que se adapte a los requisitos importantes del peso y la ductilidad del mismo.

Con la elaboración de este proyecto se busca beneficiar a la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE. Este proyecto podrá brindar y desarrollar un mejor conocimiento a los estudiantes que elijan esta carrera, impartiendo conocimientos, procesos y las diferentes técnicas de soldadura aplicadas en este vehículo de formula S.A.E eléctrico como también el material y su construcción del bastidor.

Los resultados del diseño y la construcción serán aprovechados tanto teóricos como prácticos dentro de la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz mediante la verificación de rendimiento dentro de las competencias por el bajo peso y su arquitectura

El rendimiento de dicho proyecto se idealiza que la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE disponga de bastidor que cumpla con las normativas de competición y en este caso para un vehículo de competición formula SAE eléctrico ayudando al conocimiento práctico y teórico dentro del ámbito automotriz.

## **Objetivos**

### ***Objetivo general***

Modificar el bastidor del prototipo de vehículo de competición formula SAE eléctrico mediante reglamento, para la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

### ***Objetivos específicos***

- Recopilar información de reglamentos, libros, artículos o sitios web de gran importancia sobre los tipos de bastidores para vehículos eléctricos aplicado en prototipos de competición formula SAE eléctrico.
- Modelar mediante software CAD-CAE el bastidor del prototipo de competición formula SAE eléctrico según normativa.
- Reemplazar los tubos estructurales necesarios del bastidor del prototipo de competición formula SAE eléctrico para cumplir el reglamento de la Formula SAE.
- Realizar las pruebas necesarias para obtener un funcionamiento adecuado del prototipo.

## **Alcance**

El alcance del presente proyecto será la modificación del bastidor del vehículo formula SAE eléctrico mejorando de manera eficaz la autonomía y aprovechando la eficiencia del vehículo, teniendo así una relación mayor de peso/potencia, permitiendo mejorar el confort y las condiciones para la utilización del mismo, garantizando la protección del piloto, generando un rendimiento aerodinámico más eficiente. Con la finalidad que el proyecto se presente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga beneficiando el aprendizaje dentro de la carrera de Tecnología superior en mecánica Automotriz.

## Capítulo II

### Definición de Bastidor

El bastidor es una estructura metálica que contiene las distintas partes y sistemas del vehículo (transmisión, suspensión, ruedas, carrocería, etc.). Por tanto, cumple una doble función: actuar como nexo de unión entre las unidades eléctricas que componen el coche, y soportar la carrocería y la carga.

Por lo general debe garantizar que la posición de ciertos componentes entre sí permanezca dentro de un rango predeterminado para funcionar correctamente, el bastidor debe soportar cargas pesadas y repentinas provocadas por las condiciones de conducción (terreno inestable, fuerte aceleración y frenado, alta velocidad, etc.) que cambian repetidamente y casi siempre en forma de "choques".

Los primeros chasis o bastidores eran de madera, pero posteriormente se añadieron piezas metálicas, primero perfiles y tubos, y más tarde también se añadieron placas remachadas como piezas de unión. Además de actuar como soporte, debe garantizar que todo quede en su lugar sin llevar cargas excesivas que puedan dañarlos. (Plaza, 2020)

### Historia.

Se puede considerar que la historia del automóvil comenzó el 23 de octubre de 1769, cuando Nicolás José Cugnot realizó los primeros experimentos con un vagón de vapor. Desde ese momento hasta la actualidad, los automóviles han evolucionado directamente de vehículos de tracción a ser cómodos, rápidos, seguros, silenciosos y mucho mejores que sus predecesores. (Rivera, 2019)

Las primeras carrocerías fabricadas íntegramente en acero aparecieron en 1927, aunque con algún refuerzo de madera, ya partir de la década de 1930 los principales fabricantes de automóviles empezaron a utilizar chapa de acero en toda la estructura de sus vehículos y comenzaron la producción en masa. La creciente

demanda del mercado ha aumentado la producción, lo que se ha traducido en una mejora de la calidad de los vehículos. (Rivera, 2019)

### **Tipos de Bastidores**

Por lo general los bastidores, dependiendo de cómo estén contruidos, el peso que están diseñados para soportar o el tipo de vehículo, se pueden clasificar en diferentes tipos según su construcción, tales como:

#### ***Tipo Escalera***

(CarBike Tech, 2017), establece que el bastidor tipo escalera consta de dos perfiles laterales conectados por tirantes laterales, diagonales o ambos. Los perfiles laterales suelen tener un diámetro mayor que los perfiles laterales y se utilizan para soportar elementos de automóviles y aumentar la rigidez estructural.

### **Figura 1**

*Bastidor Tipo Escalera*



*Nota.* Tomado de (CarBike Tech, 2017)

#### ***Tipo Monocasco***

Esto significa que el bastidor contiene el motor, la transmisión, los ejes, los neumáticos y todos los demás sistemas conectados necesarios para hacer funcionar

el vehículo (colectivamente denominados "Tren de rodadura"). De esta manera usted puede conducir legalmente en la carretera.

## **Figura 2**

### *Bastidor Tipo Monocasco*



*Nota.* Tomado de (Adanaque & Flores 2019)

### **Tipo Tubular**

Este tipo de marco surge de la necesidad de estructuras más ligeras y delgadas, lo que da como resultado componentes muy fuertes y livianos. Este diseño se utiliza principalmente para coches de carreras con carrocería tanto estética como aerodinámica. Los costos de producción son altos.

## **Figura 3**

### *Bastidor Tipo Tubular*



*Nota.* Tomado de (Lopez, 2018)

### ***Tipo Independiente***

Está diseñado por dos vigas, elaborado con acero en forma de chapa laminada formando una 'C', estas vigas longitudinales son unidas a esta chapa. Este tipo de bastidores generalmente se utiliza en vehículos livianos.

#### **Figura 4**

*Bastidor tipo independiente*



*Nota.* Tomado de (Rodríguez, 2018)

### ***Tipo Columna***

Según Ojeda (2020) este tipo de bastidor es reconocida por su forma de construcción en 'X', el bastidor se estrecha por el centro, proporcionándole al vehículo una estructura más rígida diseñada especialmente para contrarrestar los puntos de torsión elevada.

#### **Figura 5**

*Bastidor tipo columna*



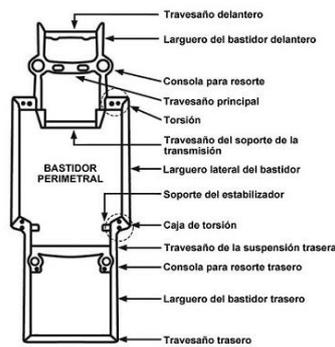
*Nota.* Tomado de (Rodríguez, 2018)

### **Tipo Perimétrico**

Este tipo bastidor que tiene forma de escalera debido a su construcción en la que las vigas longitudinales soportan el peso del vehículo en la parte más ancha de construcción, Están diseñados para deformarse menos en caso de impacto, proporcionando más estabilidad y una mejor absorción de impactos en caso de choque.

### **Figura 6**

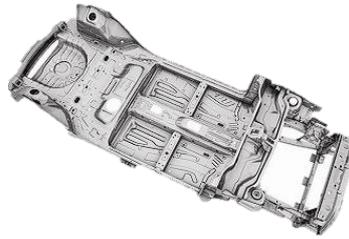
Bastidor Perimétrico



*Nota.* Tomado de (Rodríguez, 2018)

### **Tipo Plataforma**

Es un marco que contiene una plataforma portante, construido en la unión de puntos soldando las placas que lo componen, haciéndolo más resistente. La carrocería del vehículo se puede unir al bastidor mediante uniones atornilladas, uniones soldadas o remaches.

**Figura 7***Bastidor de Plataforma*

*Nota.* Tomado de (Rodríguez, 2018)

***Tipo Autoportante***

Bastidor a la que la mayoría de vehículos son construidos, ya que ofrece una disminución de peso, mayor flexibilidad y ahorro de combustible ya que no necesita mucho esfuerzo para poder movilizarse, su construcción se basa en la unión de diferentes chapas metálicas de diferentes formas y espesores formando una caja protectora en la se anclan todos los sistemas del vehículo.

**Figura 8***Bastidor de Tipo Autoportante*

*Nota.* Tomado de (Rodríguez, 2018)

## **Soldadura**

La soldadura es la unión o fusión de piezas usando calor y presión para que las piezas formen un continuo. La fuente de calor en la soldadura suele ser la llama del arco generada por la corriente de la fuente de alimentación de soldadura.

### **Tipos de Soldadura**

#### ***Soldadura MIG/MAG.***

Este tipo de soldadura se realiza con arco de gas de protección y electrodos. En la soldadura MIG/MAG su arco y el baño de soldadura están protegidos por la atmosfera circundante. Este tipo de soldadura permite soldar piezas con un gran espesor, además, permite un mejor rendimiento del trabajo a la hora de soldar piezas. Una de las limitaciones más grandes de este tipo de soldadura es que es muy costosa debido a su equipo complejo.

#### ***Soldadura TIG.***

De acuerdo con (Gamarra, 2020), la soldadura TIG se usa principalmente para la soldadura de aluminio y el acero inoxidable. En el método TIG se utiliza el arco, el baño de fusión y el electrodo y son protegidos por un gas inerte. La soldadura TIG se utiliza mayormente en la fabricación de carrocerías de automóviles y en centrales nucleares; las siglas provienen de Tungsten Inert Gas, que es una técnica para realizar soldadura por arco, utiliza gas protector y electrodo no consumible.

### ***Posiciones y secuencias de soldadura***

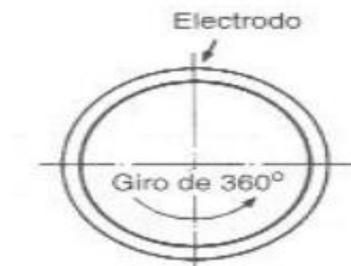
Las conexiones de perfiles huecos estructurales tienen cuatro posiciones de soldadura y secuencias de soldadura.

#### ***Soldadura circular de 360°***

Se realiza una soldadura hacia abajo. A la vez de que la sección gira 360°.

**Figura 9**

*Soldadura circular de 360°*



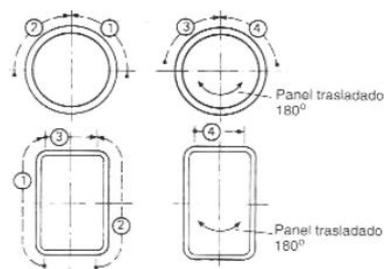
*Nota.* Tomado de (Andrade y Jaramillo 2009)

***Soldadura vertical ascendente de 180°***

La mayoría de soldaduras se realizan por la parte superior y luego el panel gira sobre sí mismo 180°.

**Figura 10**

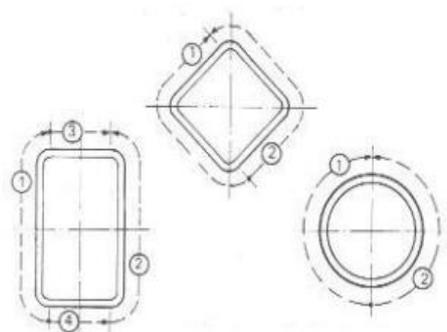
*Soldadura vertical ascendente de 180°*



*Nota.* Tomado de (Andrade y Jaramillo 2009)

***Soldaduras rectas***

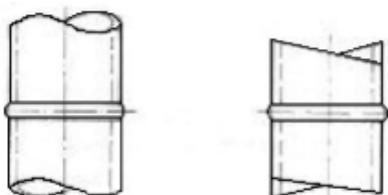
Estas formas tubulares no se moverán.

**Figura 11****Soldadura vertical ascendente**

*Nota.* Tomado de (Andrade y Jaramillo 2009)

**Soldadura horizontal**

Esta soldadura se utiliza cuando las barras se encuentran en una posición vertical. Aunque, si las barras se encuentran de forma horizontal, las soldaduras se realizan en posición vertical.

**Figura 12****Soldadura horizontal**

*Nota.* Tomado de (Andrade y Jaramillo 2009)

**Punteado de la soldadura**

De acuerdo con Andrade y Jaramillo (2009) El punteado es una técnica corta que consiste en la fusión de las barras que componen dicha estructura, fíjelo temporalmente para asegurar una soldadura perfecta al final. La técnica de marcado debe realizarse con destreza para que se mezcle con la soldadura final.

### ***Material de Aporte***

Según Romero (2019) el material de aporte a utilizar depende del metal que se desee soldar teniendo en cuenta sus propiedades mecánicas, espesor y composición química. Los materiales de apoyo incluyen:

### ***Electrodo***

Los electrodos son comúnmente utilizados en la soldadura por arco. Estos se colocan en la porta electrodo y están encargados de producir el arco eléctrico. Los electrodos están diseñados para diferentes metales. Tipos de los Electrodos:

### ***Electrodos especiales***

Estos electrodos sirven para soldar acero inoxidable, hierro fundido, aluminios, entre otros. Son utilizados comúnmente en trabajos de reparación y mantenimiento.

### ***Electrodos comunes***

Estos son los electrodos tradicionales que son utilizados para trabajos de soldadura no tan complejos.

### **Tipos de materiales**

Muchos factores determinan el diseño y la fabricación de bastidores nuevos. La mayoría de los fabricantes prefieren materiales ligeros, baratos, seguros y reciclables. Actualmente, estas propiedades tienen una gran demanda debido a la necesidad de proteger no solo a los ocupantes, sino también al medio ambiente mediante la reducción de las Gases de efecto invernadero y consumo de combustible. (Motors, Mitsubishi, 2020)

### ***Acero***

Los elementos clave utilizados en el cuerpo deben cumplir con una amplia gama de propiedades, como la resistencia térmica, química y mecánica, así como la eficiencia de fabricación y la durabilidad. El acero con todas las propiedades anteriores es la primera opción de los fabricantes. Las mejoras en la industria del acero han

hecho que este elemento sea mucho más resistente, ligero y rígido que la primera versión. El acero se usa no solo para la carrocería, sino también para muchas partes, como el motor, el chasis y las ruedas. (Moters, Mitsubishi, 2020)

### **Figura 13**

*Chasis de acero*



*Nota.* Tomado de (Hernández, 2018)

La razón principal para utilizar acero como base básica de la construcción de carrocerías de automóviles es su capacidad natural para absorber la energía de un accidente. Sin duda, es el material básico para diseñar y construir transportadores. El bajo precio es la ventaja.

### ***Tipos de acero***

**Acero al Carbono:** El acero contiene un cierto porcentaje de carbono y le confiere propiedades mecánicas. Como parte de su composición química suele contener también, en menor medida, manganeso, silicio y cobre. También contiene otros elementos como azufre, fósforo, oxígeno e hidrógeno, pero estos elementos se consideran impurezas porque no se pueden excluir fácilmente. Al aumentar el contenido de carbono del acero, se logran propiedades mecánicas como mayor dureza y durabilidad; también reduce la resistencia, la soldabilidad y la ductilidad. Si el material es duro y duradero, es ideal para su uso en la construcción; por otro lado, no debe utilizarse si se desea un material con cierta flexibilidad. (Redacción Aceromafe, 2021)

**Aceros Aleados:** El acero aleado es un acero al que se le añaden varios elementos para mejorar sus propiedades físicas, mecánicas o químicas específicas. Con estas aleaciones se obtienen diferentes resultados según la presencia o ausencia de otros metales: la adición de manganeso proporciona una mejor resistencia al impacto, el tungsteno soporta temperaturas más altas. Los aceros aleados también permiten una mayor amplitud en el proceso de tratamiento térmico. Los efectos de la mezcla son:

- Mayor resistencia y dureza.
- Mejor resistencia al golpe
- Mayor resistencia al desgaste
- Mayor resistencia a la corrosión
- Mejor resistencia a altas temperaturas
- Penetración de templado (aumentando la profundidad del endurecimiento del acero)

## **Aluminio**

El aluminio se usa ampliamente en estructuras de chasis y carrocería en la industria automotriz. Muchos creen que el uso de aluminio puede reducir el peso de un vehículo. El peso ligero, la alta absorción de energía y la resistencia precisa son sus características más importantes. Además, aunque el aluminio es resistente a la corrosión, no puede reemplazar las piezas de acero debido a su bajo módulo de elasticidad. Por lo tanto, estas piezas deben ser rediseñadas para lograr la misma resistencia mecánica. El uso del aluminio en la industria automotriz se ha incrementado significativamente en un corto período de tiempo. (Motors, 2020)

### **Figura 14**

*Chasis de Aluminio*



*Nota.* Tomado de (Fidalgo, 2017)

En la industria automotriz, las piezas fundidas de aluminio se utilizan para pistones, cabezas de motores, colectores de admisión y cajas de cambios. Las aplicaciones de chasis incluyen ruedas, soportes, componentes de frenos, suspensiones, componentes de dirección y paneles de instrumentos. El aluminio se utiliza para accesorios exteriores como estructuras de carrocería, paneles, estribos, puertas y capós.

## **Magnesio**

El magnesio es otro metal ligero que, al igual que el aluminio, se utiliza cada vez más en la fabricación de automóviles. 33% más ligero que el aluminio y 75% más ligero que los elementos de acero.

En comparación con el aluminio, el magnesio tiene menor resistencia a la tracción, resistencia a la fatiga y resistencia al desgaste. El módulo y la dureza de la aleación de magnesio son más bajos que los del aluminio y el coeficiente de expansión térmica es más alto.

## **Proceso de corte**

En la actualidad existe tres categorías de corte los cuales son térmico, erosivo y mecánico

### **Térmico**

Las máquinas de corte por combustión no requieren electricidad para funcionar, pero usan calor generado químicamente para elevar la temperatura de la pieza de trabajo hasta que se derrita; luego, el metal fundido se elimina agregando oxígeno. El proceso general se puede resumir en la siguiente imagen.

Los ejemplos incluyen oxígeno, plasma y corte por láser.

- Oxicorte: Funciona al reaccionar químicamente con acero sobrecalentado y oxígeno a 982,2°C.
- Plasma: Funciona con la utilización de un gas ionizado a máxima temperatura lo cual produce un arco muy caliente y con máxima densidad de energía
- Laser: Este tipo de corte funde el material por medio de una máxima cantidad de calor lo cual se emite a través de una luz

### **Erosivo**

Este tipo de proceso suele utilizar aire, agua y otros elementos naturales para retirar el material

Corte por chorro de agua: El funcionamiento de este corte por chorro de agua es que se utiliza una corriente de agua que va a una alta velocidad es tan potente la velocidad que puede cortar materiales duros como el metal y la piedra

### **Mecánico**

El funcionamiento de este proceso utiliza materiales manuales y también el uso de fuerza física por ejemplo uno de los cortes más utilizados es el corte por sierra

- Corte manual: Este tipo de corte se utiliza elementos físicos de corte lo cual se utiliza fácilmente como coger la herramienta y comenzar a cortar
- Corte automático: Este tipo de corte puede cortar una pieza de metal, espuma o un tubo por medio de sistema electrónico o también el uso de medios programables para el proceso de corte.

### **Pesos de carga**

Esta El vehículo fórmula SAE eléctrico tiene componentes diseñados para resistir 3.5 g de impacto, 1.5 g de fuerza laterales y 1.5 g de frenado para el respectivo análisis, al considerar las cargas individual y colectiva para determinar las dimensiones típicas de las áreas o puntos donde se aplican las cargas para optimizar y aprobar el chasis. El peso del conductor y de varios componentes del vehículo se muestra en la siguiente tabla. (R.P.Singh, 2010)

**Tabla 1***Masas principales del vehículo*

<b>Componente</b>	<b>Masa (Kg)</b>	<b>Newton</b>
<b>Tren de fuerza</b>	20	200
<b>Sistema de dirección</b>	15	150

*Nota.* Pesos específicos para transmisión y dirección.

### ***Peso del Motor***

Para el análisis estructural que se va a realizar en inventor se necesita todos los pesos que va a ir montado encima del bastidor, se comienza con el motor que tiene un peso de 17.7 kg. (Golden Motor, 2019)

### ***Peso de la Batería***

47 kg sería la estimación de las baterías. (RENOGY , 2020). Esta batería es de litio ion y está diseñada para almacenar la energía eléctrica y son dispositivos que tiene dos o tres celdas. (Sole, 2022)

### ***Peso del Asiento***

El asiento de la fórmula SAE es uno de los elementos que se montará en el marco y debe ser analizado estructuralmente y tener un peso de 5 kg este asiento se lo realizo con fibra de vidrio. (Wiliam, 2016)

### ***Peso del Conductor***

El peso total del coche eléctrico de Fórmula SAE, incluido el peso del conductor, es de 80 kg, que es el peso ideal. (Martinez, 2021)

### ***Peso de la Carrocería***

El peso de referencia del objeto se toma como punto de partida y debido a que está directamente relacionado con el proceso de construcción al controlar cada fase específica. (GRANDA, 2018)

**Tabla 2***Peso del vehículo eléctrico*

<b>Pieza</b>	<b>Peso Kg</b>
<b>Nariz</b>	8.16
<b>Pontones</b>	7.71
<b>Cuerpo central</b>	1.5
<b>Parte fija trasera</b>	2.94
<b>Peso total de la carrocería</b>	<b>20.31</b>

*Nota.* Pesos específicos de elementos de la carrocería.

### **Requisitos del Bastidor**

#### ***Estructura Primaria***

La Estructura Primaria debe construirse a partir de uno o una combinación de los siguientes:

- Material y tubería de acero
- Materiales de tubería alternativos
- Material compuesto

#### ***Tubos doblados o tubos múltiples***

El radio mínimo de cualquier curva, medido en la línea central del tubo, debe ser tres o más veces el diámetro exterior del tubo (3 x OD). Las curvas deben ser suaves y continuas sin evidencia de aplastamiento o falla de la pared.

Si se usa un tubo doblado (o un miembro que consta de varios tubos que no están en una línea) en cualquier lugar de la estructura principal que no sean los aros antivuelco, se debe conectar un tubo adicional para sostenerlo:

- a. El punto de fijación del tubo de soporte debe estar en la posición a lo largo del tubo doblado donde se desvía más lejos de una línea recta que conecta ambos extremos

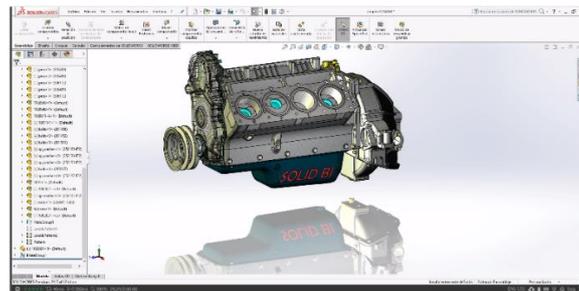
- b. El tubo de soporte debe terminar en un nodo del chasis.
- c. El tubo de soporte para cualquier tubo doblado (que no sea el Miembro de Impacto del Lado Superior barra de montaje del arnés del hombro) debe ser:
  - Mismo diámetro y espesor que el codo
  - Con un ángulo de no más de 30° desde el plano del tubo doblado.

### **Programas de diseño**

A medida que la informática evoluciona como una herramienta para la ingeniería mecánica, y especialmente la ingeniería mecánica, los ingenieros y los estudiantes utilizan diferente software según el tema de la aplicación. La falta de información sobre las características y requisitos de hardware del software de diseño profesional más utilizados dificulta definir cómo usarlos en el contexto específico de cada institución o empresa.

### **Software CAD**

Software CAD diseño asistido por computadora. Este tipo de software le permite diseñar elementos de forma interactiva y muy dinámica utilizando una computadora. También puede ensamblar diferentes componentes y ver cómo interactúan. Programas de estas características permiten crear planos de conjuntos o piezas individuales y ponerlos en producción. Este tipo de software se utiliza para el diseño mecánico en el campo mecánico, diagramas de cableado en el campo eléctrico y diseño estructural en el campo civil; hay otras áreas que lo utilizan, pero estas son las más representativas. Algunos de estos tipos de software incluyen CATIA, SOLIDWORKS, Autocad, Inventor, etc. (Sergio Casas, 2016)

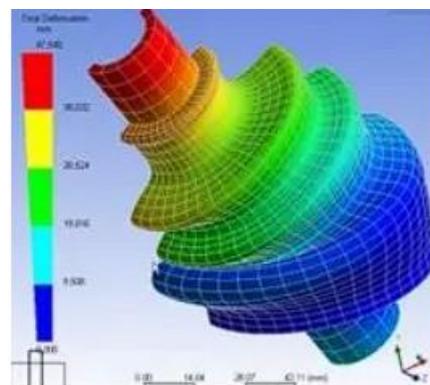
**Figura 15***Software CAD*

*Nota.* Programa de diseño SOLIDWORKS. Tomado de (Rouz Esquíroz, 2019)

**Software CAE**

Software CAE (Computer Aided Engineering), Ingeniería Asistida por Ordenador, tiene la función de analizar el modelo CAD, pero puede considerar el costo del producto desde la perspectiva de la rentabilidad, la viabilidad de la fabricación, la simulación, etc., y verificar si es adecuado al mercado o no.

Los más famosos son ANSYS, ABAQUS o NASTRAN.

**Figura 16***Software CAE*

*Nota.* Análisis de ruptura en ANSYS. Tomado de (Rouz Esquíroz, 2019)

**Software ANSYS**

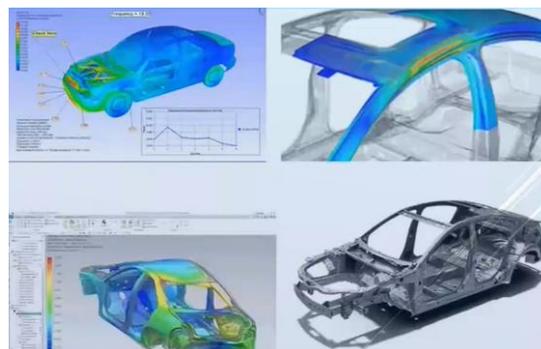
ANSYS software de simulación CAE para análisis y simulación de elementos finitos. Incluye fases de preprocesamiento, resolución y postprocesamiento dentro de

una única plataforma de trabajo. ANSYS realiza el análisis de piezas o conjuntos utilizados en ingeniería y diseño mecánico que se ven afectados individual o simultáneamente por uno o más fenómenos físicos. ANSYS se utiliza para resolver problemas técnicos complejos en industrias como la aeroespacial, automotriz, energética, electrónica, manufacturera y de defensa. ANSYS permite a los ingenieros simular diferentes condiciones operativas, evaluar diferentes diseños y optimizar el rendimiento del producto. (Pérez, 2018)

ANSYS se divide en tres herramientas principales, llamadas módulos: preprocesadores (creación de geometría y malla), renderizadores y coprocesadores. Tanto el preprocesador como el coprocesador tienen interfaces gráficas. Este procesador de elementos finitos para resolver problemas mecánicos incluye análisis estructural dinámico y estático (tanto problemas lineales como no lineales), transferencia de calor y análisis de dinámica de fluidos, problemas acústicos y electromagnéticos. Estas herramientas generalmente se usan juntas y el problema general es una combinación de problemas estructurales y de transferencia de calor. El software también se utiliza en arquitectura, ingeniería eléctrica, física y química. (DSIT, 2019)

### **Figura 17**

*ANSYS Aplicado a la ingeniería*



*Nota.* Introducción de ANSYS. Tomado de (Alvarez, 2023)

### **Selección de productos ANSYS**

Con la plataforma puede integrar datos en simulaciones de ingeniería para crear modelos más precisos de manera más eficiente. Facilita decisiones de diseño más inteligentes al coordinar todos los datos de simulación en un solo lugar. Incluido con todos los paquetes de software basados en la física de ANSYS, los conecta automáticamente para comunicar datos sin problemas y se integra con simulaciones de ingeniería para producir modelos más precisos de manera más eficiente. (Wilde Analysis Ltd, 2018)

- **ANSYS Workbench:** Un banco de trabajo de uso general que puede integrar diferentes campos físicos para la simulación.
- **ANSYS Mechanical:** Analiza estructuras, análisis térmico, análisis modal, análisis de tensión, análisis de quiebres, etc.
- **ANSYS CFX:** Procesos que involucran líquidos, flujo multifásico, transferencia de calor, turbomaquinaria, etc.
- **ANSYS Fluent:** Procesos de fluidos, flujo multifásico, transferencia de calor, reacciones químicas, análisis de combustión, dinámica de gases, entre otros.
- **ANSYS HFSS:** Proceso electromagnético de alta frecuencia.
- **ANSYS EMAG:** Proceso electromagnético de baja frecuencia.
- **ANSYS TWIN BUILDER:** Una plataforma para crear y gestionar gemelos digitales.
- **SpaceClaim DesignModeler:** Software para simplificar diseños CAD y geometría antes del proceso de mallado.
- **Solución ANSYS AUTODYN:** software explícito para el análisis de cargas extremas a corto plazo.
- **Soluciones ANSYS de mallado:** ANSYS ICEM CFD/AI\*Environment es una herramienta para el procesamiento previo y posterior.

## Capítulo III

### Proceso de construcción

#### Diseño

El diseño y modelado se lo puede realizar en distintas aplicaciones o programas, en el campo automotriz existen softwares que pueden permitir generar estructuras que parten desde un diagrama de líneas hasta el diseño propio del bastidor de un prototipo SAE eléctrico, tienen como característica principal que son livianas por el material empleado en su construcción. Para la construcción del bastidor tubular se usó como material principal un material resistente y no tan pesado, aportándole al vehículo estabilidad al manejar y adaptabilidad a terrenos irregulares.

#### ***Comprobación de dimensiones***

Para la modificación del chasis según el reglamento y normativas se procedió a comparar todas las dimensiones con la cual que fue construido el chasis del prototipo SAE eléctrico según la normativa, con esto se determinó que existe la necesidad de modificar el arco donde va ubicado el piloto ya que según la normativa y las medidas tomadas este no contaba con la correcta aplicación de la normativa, generando un riesgo de seguridad al rato de realizar pruebas. Por ende, se cambiaron los tubos del arco del volante por unos más livianos pero que a su vez ofrezca un rendimiento adecuado y seguro.

**Figura 18**

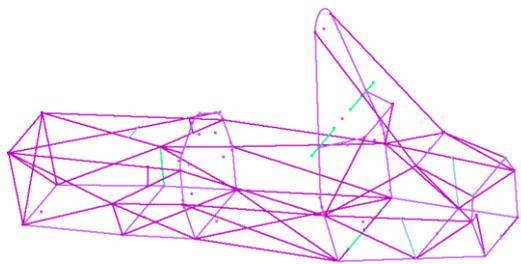
*Chasis del SAE para la modificación*

***Chasis modificado según la normativa SAE***

El bastidor fue diseñado por un software CAD el cual es Autodesk Inventor Professional 2024, lo que se generó es un boceto tomando las dimensiones de las normativas que rigen la construcción del Formula SAE eléctrico, teniendo en cuenta que los materiales se los seleccionara sucesivamente. Así como se indica en la figura.

**Figura 19**

*Modelado por Software INVENTOR*

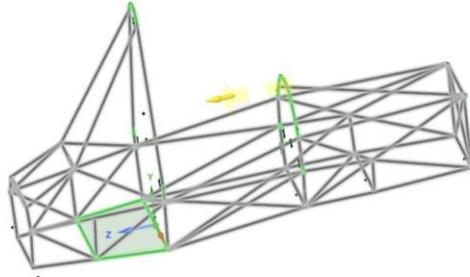


*Nota.* Estructura modificada la cual cumple con las normativas SAE.

Esta estructura presentada en Software INVENTOR ya se encuentra modificada y cumple con las normativas del SAE, teniendo como vital importancia las medidas cumpliendo el rango de seguridad del piloto para evitar algún daño. Por ende, la estructura cumple correctamente con las normativas aplicadas.

**Figura 20**

*Modelado bastidor SAE*



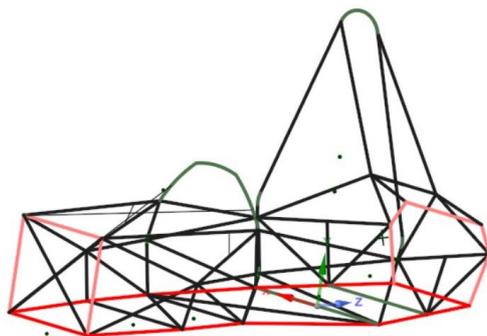
*Nota.* Diseño y construcción del bastidor SAE (software inventor)

Una vez terminado la estructura del chasis, así como se muestra en la imagen superior, se unen todas las demás estructuras que conforman el formula SAE eléctrico, como:

- Sistema de dirección
- La carrocería
- Sistema de suspensión
- Tren de potencia
- Sistema de frenos

**Figura 21**

*Líneas de construcción de un Formula SA*



*Nota.* Diseño de líneas para la construcción del SAE.

El tubo que se aplicó en la carrocería es de acero alivianado de 1 pulgada para tener una disminución en el peso del bastidor.

## **Análisis estático – ANSYS**

### ***Evaluación de calidad de malla***

Para tener un correcto análisis estructural el mallado es un paso crucial para tener un análisis correcto, por ende, es importante al momento de aplicar el tipo de malla ya sea en 1D, 2D y en algunos casos en 3D su modelado sea el adecuado para un análisis estructural correcto.

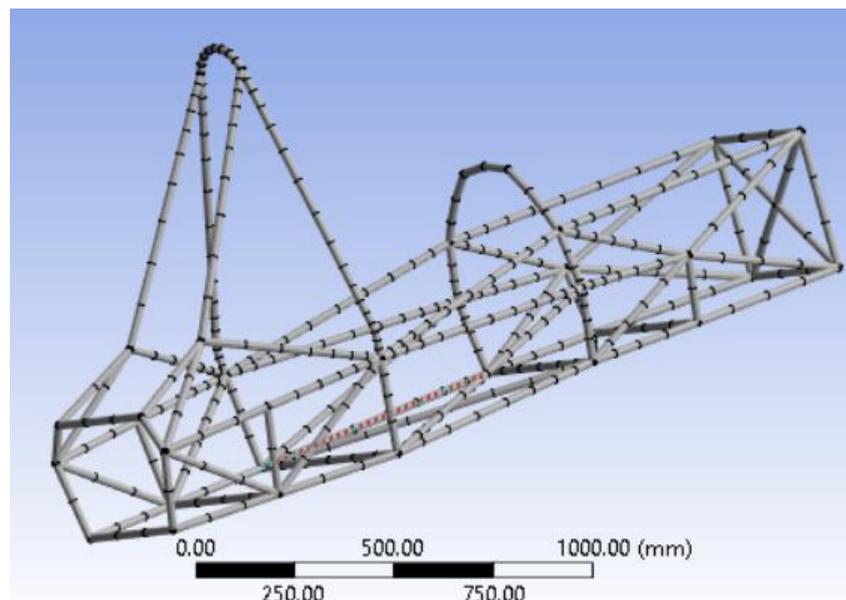
Como se menciona los elementos 1D se usan comúnmente para la representación de miembros en línea que ayudan a proporcionar un comportamiento de flexión preciso de un elemento, por otro la malla de elementos 1D es la división de miembros en línea de múltiples segmentos lo cual genera que el resultado no sea alterado, permitiendo una visualización más fluida con unos resultados más eficaces.

El tipo de mallado que se empleó en nuestro análisis estructural del formula SAE es un mallado de 1D con una calidad de malla que es de 1 lo cual indica que la malla generada es perfecta. Para la preferencia física se uso es la CFD con un elemento de orden Lineal que ayuda a tener una mejor vista del mallado aplicado.

**Figura 22***Detalles del mallado*

Details of "Mesh"		Curvature Min Size	Default (1.2833 mm)
<input type="checkbox"/> <b>Display</b> Display Style      Use Geometry Setting		Curvature Normal Angle	Default (18.0°)
<input type="checkbox"/> <b>Defaults</b> Physics Preference      CFD Solver Preference      Fluent Element Order      Linear Element Size      Default (128.33 mm) Export Format      Standard Export Preview Surface Mesh      No		Capture Proximity	No
<input type="checkbox"/> <b>Sizing</b> Use Adaptive Sizing      No Growth Rate      Default (1.2) Mesh Defeaturing      Yes Defeature Size      Default (0.64165 mm) Capture Curvature      Yes		Bounding Box Diagonal	2566.6 mm
		Average Surface Area	1.7892e+005 mm <sup>2</sup>
		Minimum Edge Length	36.987 mm
		<b>Quality</b>	
		Check Mesh Quality	Yes, Errors
		Target Skewness	Default (0.9)
		Smoothing	Medium
		Mesh Metric	Element Quality
		Min	1.
		Max	1.
		Average	1.
		Standard Deviation	0.

*Nota.* Parámetros de la aplicación (ANSYS), mallado del bastidor.

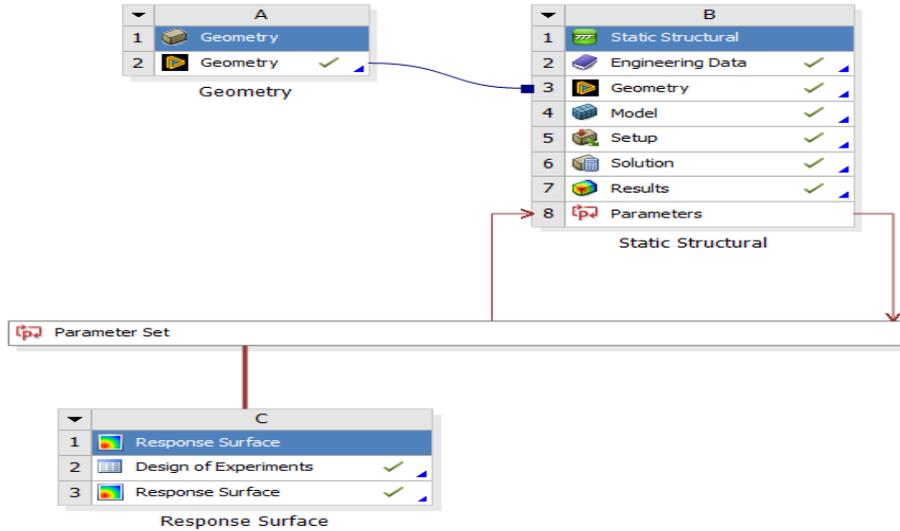
**Figura 23***Mallado del bastidor*

*Nota.* Mallado 1D lineal aplicado en el bastidor del SAE.

**Parámetros de tubos Formula SAE**

**Figura 24**

Parámetros establecidos para la estructura tubular Formula SAE.



Se presenta todos los parámetros que tiene el diseño y estructura del formula SAE eléctrico. Esto ayudara a tener una mejor imagen y entendimiento de cómo está formado el SAE por medio de software (CAE ANSYS)

**Figura 25**

Dimensiones tubulares SAE eléctrico.

The screenshot shows two windows from ANSYS Workbench. The top window is the 'Table of Outline A9: Design Points of Design of Experiments', which lists 10 design points based on varying parameters P1 and P2. The bottom window shows the 'Properties of Outline A9: P3 - Maximum Combined Stress Maximum', displaying the calculated minimum and maximum stress values.

1	Name	P1 - Circular Tube Ri (mm)	P2 - Circular Tube Ro (mm)	P3 - Maximum Combined Stress Maximum (MPa)
2	1	6.5	9.525	79.158
3	2	5	9.525	67.098
4	3	8	9.525	123.37
5	4	6.5	8.55	128.71
6	5	6.5	10.5	54.238
7	6	5	8.55	97.088
8	7	8	8.55	366.94
9	8	5	10.5	48.79
10	9	8	10.5	69.774

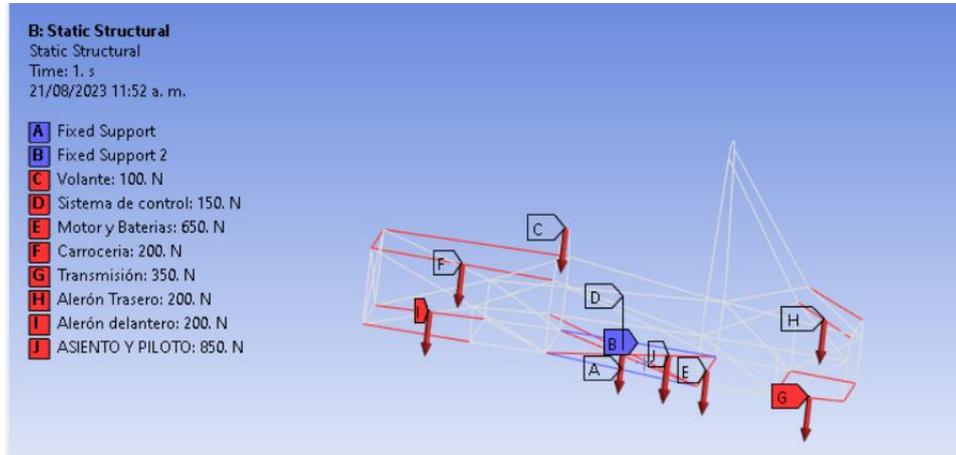
1	Property	Value
2	General	
3	Units	MPa
4	Values	
5	Calculated Minimum	48.79
6	Calculated Maximum	366.94

Nota. Detalles del tipo de tubería y las dimensiones que se aplicó en el bastidor de la fórmula SAE.

## Configuración de parámetros de frontera

Figura 26

Cargas aplicadas en el bastidor



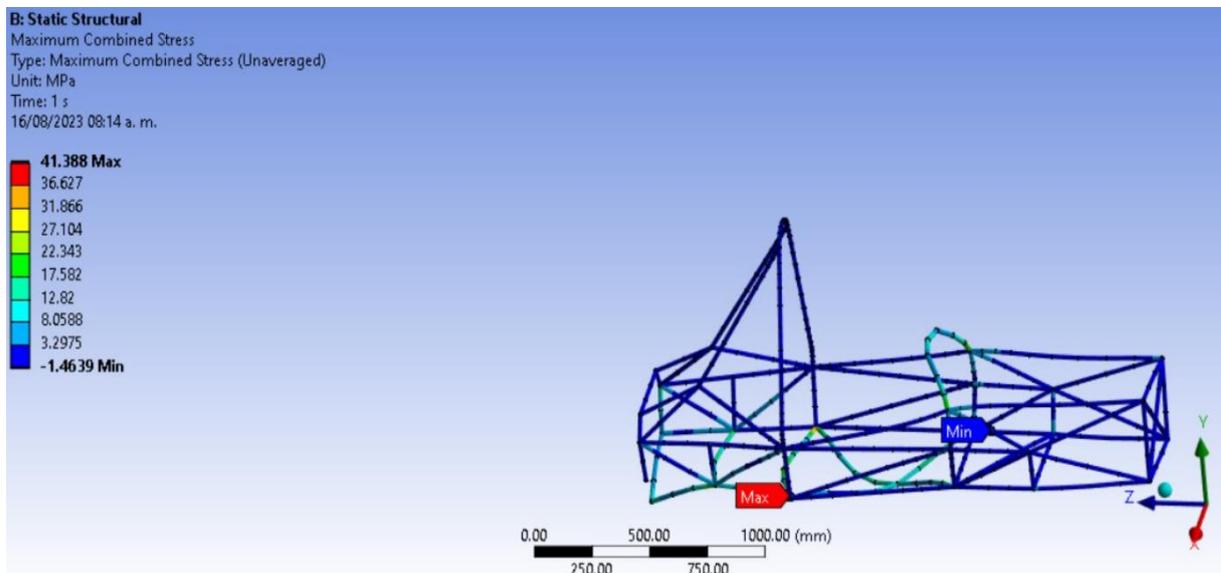
Nota. Fuerzas aplicadas en el bastidor del SAE distribuidas por toda su estructura.

## Simulación durante aceleración

En el análisis de la aceleración se aplicó fuerzas en el eje X ya que todas las fuerzas van hacia una dirección horizontal.

Figura 27

Aplicación de fuerza ACELERACIÓN



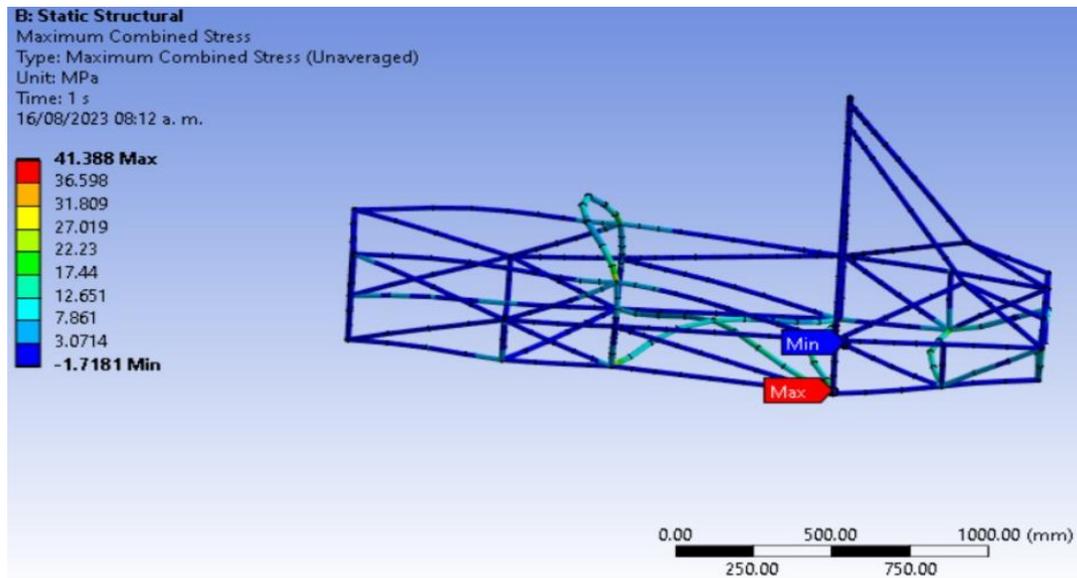
Nota. Se muestra por medio del análisis como es al momento de una aceleración.

### **Simulación durante frenado**

Para esto fue necesario modificar los pesos que van aplicados a la carrocería y proceder hacer el análisis al rato de frenar.

### **Figura 28**

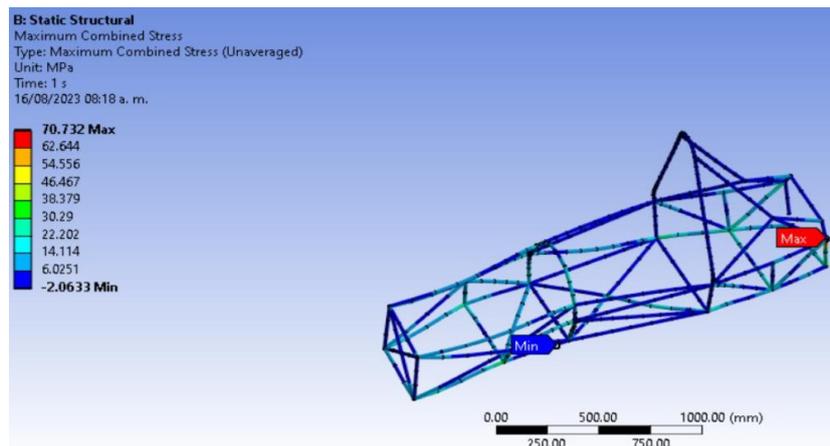
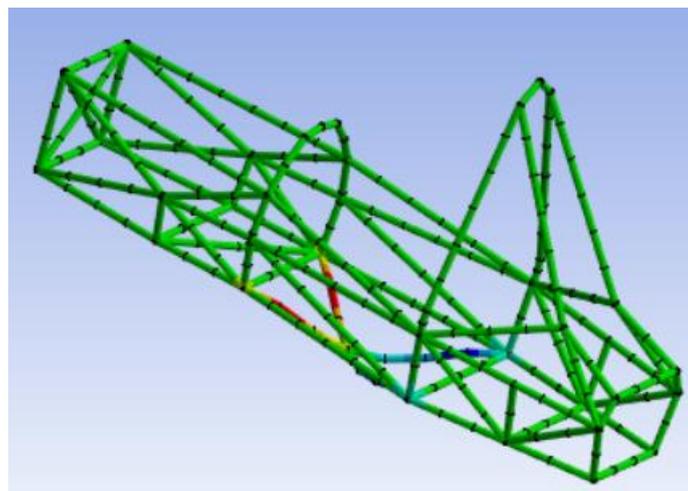
*Aplicación de fuerza FRENADO*



*Nota.* Al aplicar los pesos al rato de frenar, su análisis de da como en la figura 28

### **Simulación durante curva**

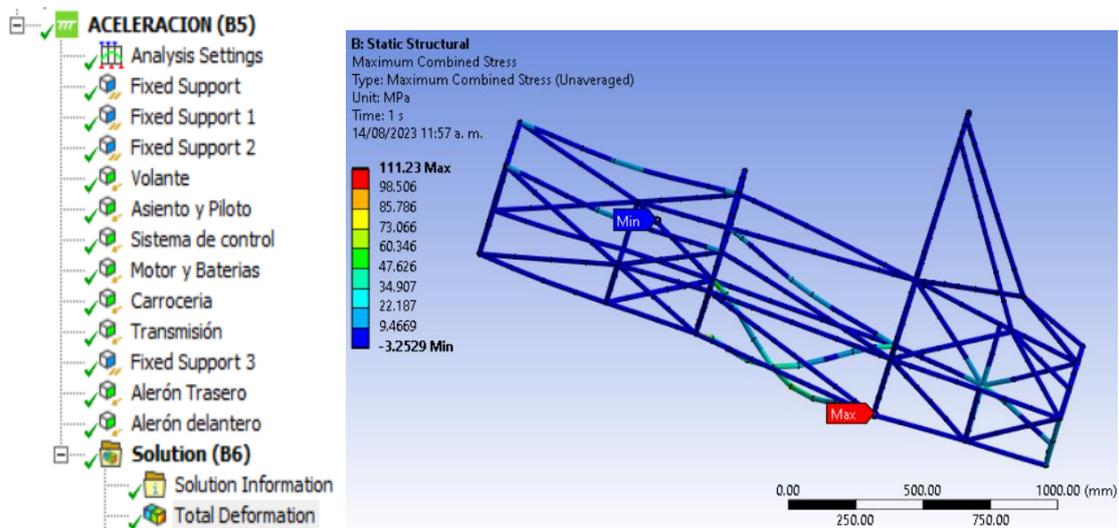
Para estos datos se tuvo que aplicar las fuerzas a los dos lados para poder identificar cuanto se deforman y cuanto resisten.

**Figura 29***Aplicación de fuerza en curvas****Cargas aplicadas en el bastidor SAE*****Figura 30***Análisis de cargas*

Al aplicar todas las fuerzas en el chasis del Formula SAE eléctrico, teniendo en cuenta el peso del piloto, se realizó la respectiva simulación de la Estructura Estática para comprobar si cumple en la escala de seguridad y está dentro de los parámetros establecidos, teniendo como resultado que toda la estructura soporto las cargas aplicadas.

**Figura 31**

*Esfuerzos máximos y mínimos*



*Nota.* Simulación del bastidor del formula SAE, deformación total.

$$\text{Factor de seguridad} = \frac{\text{Estrés de fluencia}}{\text{Estrés de trabajo o de siseño}}$$

$$\text{Factor de seguridad} = \frac{250 \text{ mpa}}{111.23 \text{ mpa}} = 2.2 \text{ mpa}$$

*Nota.* Dentro del factor de seguridad realizado, el máximo esfuerzo que se encontró al realizar las pruebas nos dio como coeficiente de seguridad 2.2 Mpa el cual indica que el diseño es válido con el coeficiente mencionado anteriormente.

### **Modelaje del Volante**

El volante fue modelado en el software Autodesk Inventor Professional 2024, se diseñó un volante de F1 (Formula 1) para que ingrese en el prototipo SAE eléctrico, siguiendo los parámetros que rige la normativa en el diseño y las mediadas las cuales se trabaja con dimensiones no fijas, pero que no sobresalga de los 20 cm a 30 cm según las normativas.

**Figura 32**

*Volante para vehículos de competición*



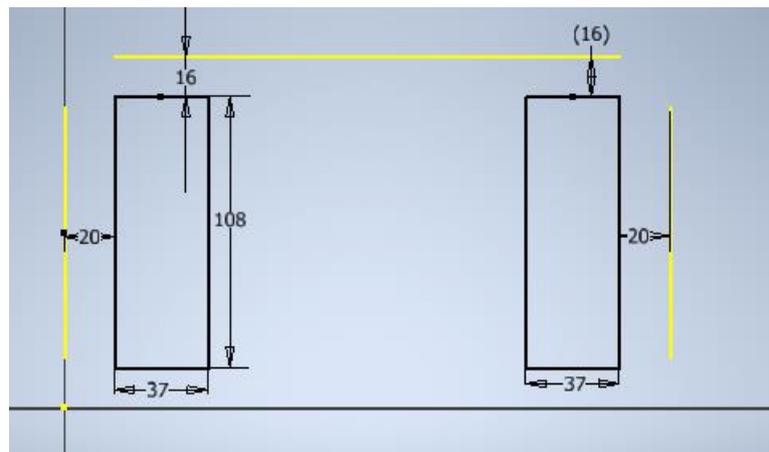
Se genero un boceto en los planos YZ, generando un rectángulo de 240 mm de largo y 140 mm de ancho, para generar la base del volante.

**Figura 33**

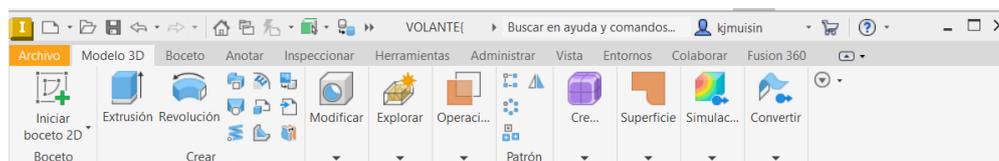
*Base del volante*



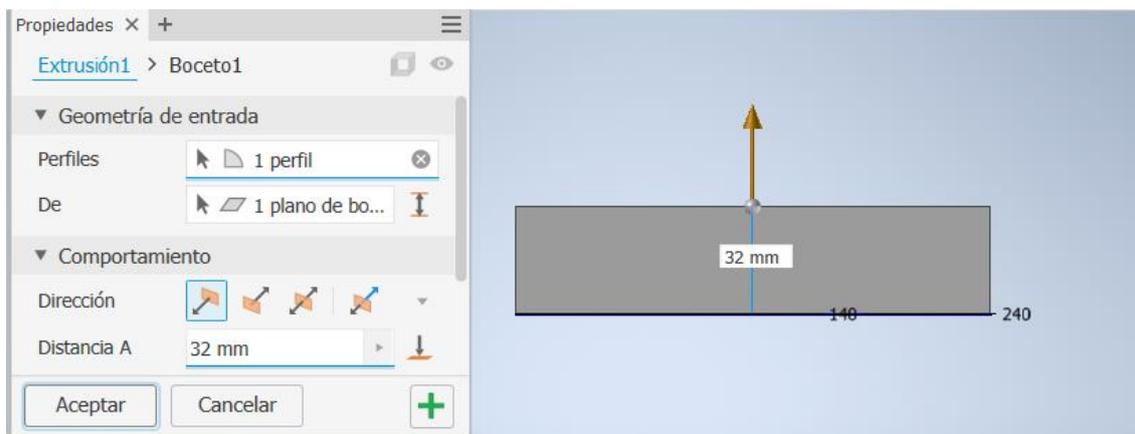
Se empezó a dibujar las limitaciones de los agarres del volante en el boceto, se representó los agarres del volante con rectángulos para poder realizar la extrusión sin tener ningún inconveniente.

**Figura 34***Distancia de los agarres del volante*

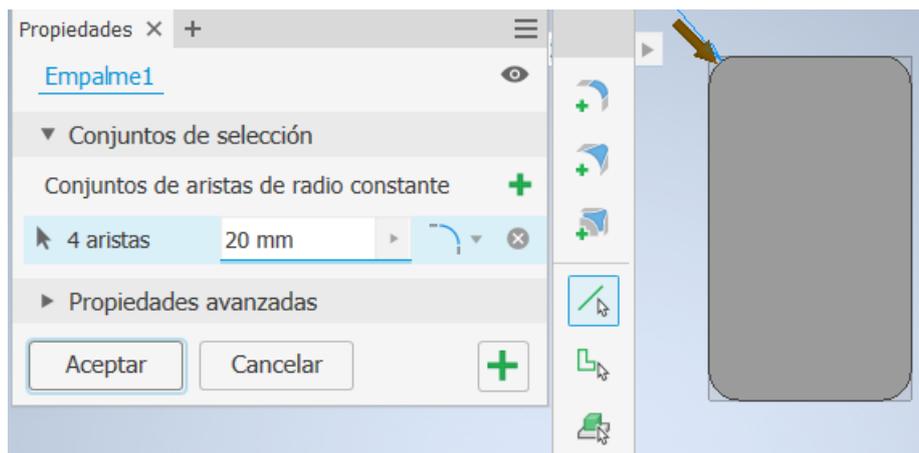
Al generar los rectángulos se los empezó a establecer parámetros para cumplir con las medidas las cuales son de 108 mm de alto y 37 mm de ancho, para que el resultado sea el mismo que la figura 19, debe ser separada del borde unos 20 mm de la parte ancha de la base del volante y 16 mm de la parte superior.

**Figura 35***Herramientas de INVENTOR*

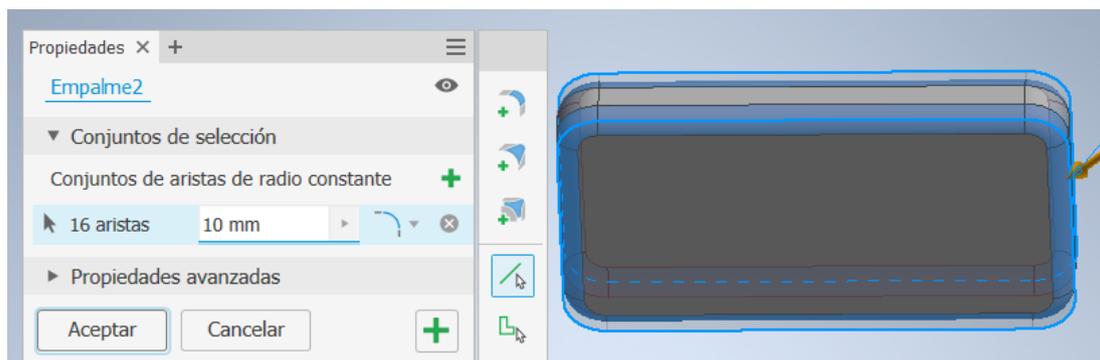
Al terminar el boceto en 2D se procede a la utilización de herramientas de como son las de Modelo 3D.

**Figura 36***Extrusión de la Base*

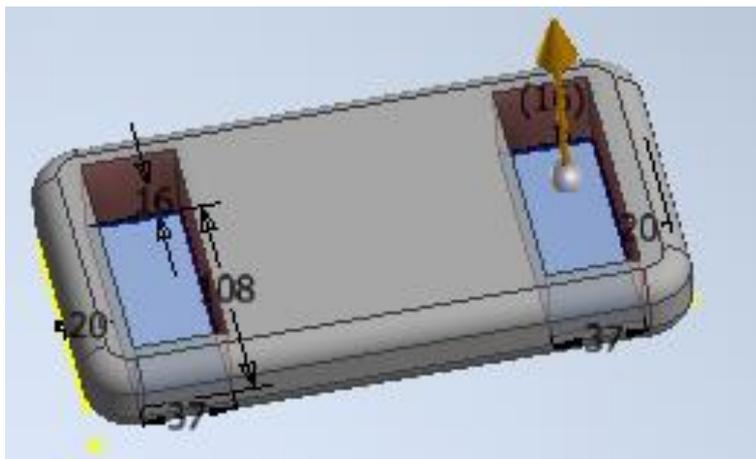
Verificamos las medidas de distintos volantes en el espesor de la parte del agarre y se estableció que para un agarre firme suele ser de 32 mm de espesor.

**Figura 37***Empalme de las 4 esquinas*

Se realizó el empalme de las 4 esquinas de la base del volante con una radio de 20mm sin que afecte mucho al diseño del volante.

**Figura 38***Empalme de los filos de la base*

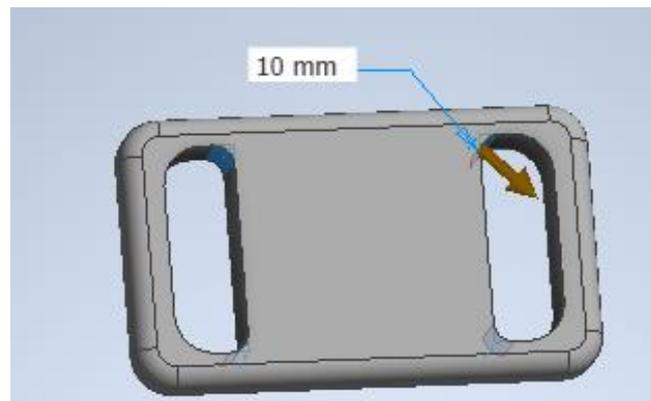
Al realizar el empalme de las esquinas de la base, se procede a empalmar los filos de la base con una tangente de 10 mm para no dañar el diseño y perder mucho material.

**Figura 39***Pieza Extruida*

Se extruyo la base de un espesor de 32 mm, como se puede observar en la figura 23, se verifico que el boceto no tenga ningún defecto y sea extruido correctamente.

**Figura 40**

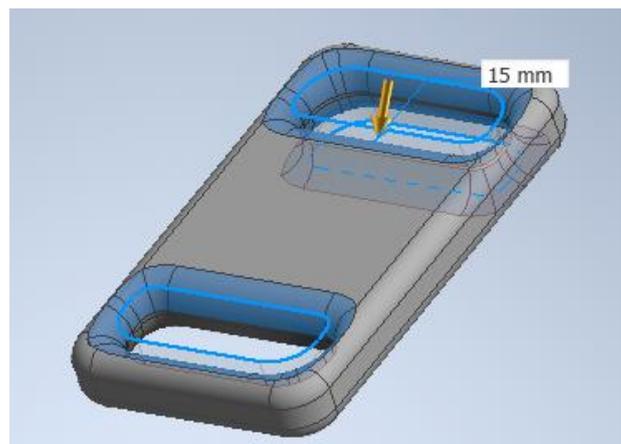
*Empalme de las esquinas interiores*



El empalme de la parte inferior se da para que no exista incomodidad al momento de sostener el volante con un radio de 10 mm la parte más cercana al centro y la parte contraria con un radio de 20mm.

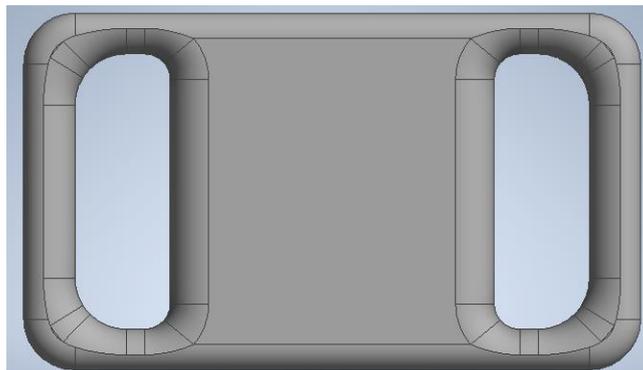
**Figura 41**

*Empalme de los agarres del volante*



## Figura 42

*Finalización de la parte delantera del volante*



## Construcción

### Tabla 3

*Materiales utilizados*

#### Tipos de materiales utilizados en el bastidor

MATERIAL	DIAMETRO
Tubo Acero alivianado	1 pulgada
Tubo	$\frac{3}{4}$ pulgada

**Nota:** Dichos materiales se adquirieron para la construcción y modificación del SAE eléctrico.

#### **Construcción del chasis tubular**

Para la construcción y modificación del bastidor tubular se debe tener en cuenta un plano donde se especifiquen las diferentes dimensiones y medidas, en este caso se utilizó *software INVENTOR* para generar los planos que permitirán la implementación rápida de los tubos de acero alivianados para disminuir el peso del SAE eléctrico. Con esto se logrará un proceso de construcción rápido y seguro reduciendo el tiempo de inactividad, así como también el ensamble de los nuevos tubos alivianados en la estructura.

El modelado del formula SAE eléctrico, se creará el bastidor tubular en software *Inventor*.

### **Requerimientos de construcción**

Para la construcción tubular del formula SAE es necesario tener los implementos adecuados para evitar algún accidente como alguna lesión grave o desgarraduras al rato de construir el bastidor tubular. Esto se puede dar por algún mal manejo de las herramientas por ende el equipo de protección personal es importante para evitar alguna quemadura de alto grado al momento de la construcción.

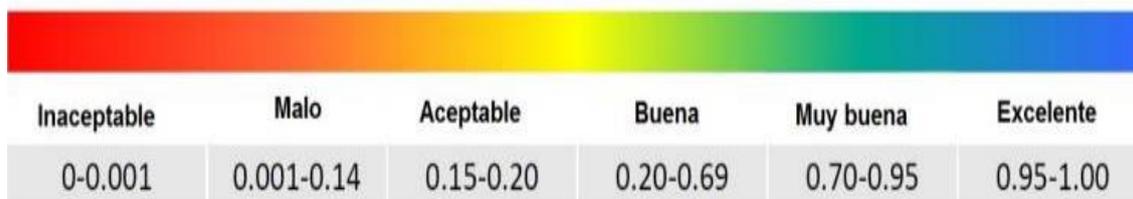
Al momento de cortar o soldar un tubo. Es necesario tener las herramientas adecuadas para la correcta elaboración para poder verificar los materiales que se van a utilizar y el tiempo que se demorara al momento de construir el bastidor.

### **Figura 43**

*Espectro de calidad de métricas*



**Espectro de métricas de malla: OQ**



*Nota.* Cuadro de seguridad para la aplicación de mallado. Tomado de la Monografía (Alexander, 2022)

## Modificación del bastidor

### Figura 44

*Análisis para la modificación del bastidor*



En esta imagen se da a conocer como estaba anteriormente el SAE eléctrico para luego con los procesos necesarios este sea modificado su carrocería, chasis y bastidor con la finalidad de obtener más potencia en su arranque y sea más ligero.

### Figura 45

*Retiro de la carcasa para la modificación del bastidor*



En esta imagen se procedió a retirar toda la parte que cubrían al SAE eléctrico (carcasa) para poder tener una mejor vista del chasis y modificarlo correctamente.

**Figura 46**

*Corte de tubos para la modificación del bastidor*



Para este procedimiento se utilizó una moladora para realizar los cortes correspondientes del SAE eléctrico, debido a que en la parte del volante este no contaba con la respectiva normativa de protección por ende se realizó los cortes necesarios para añadir otro tipo de tubo más ligero y modificar esa zona para que el piloto este seguro.

**Figura 47**

*Tubos cortados para la modificación del chasis*



*Nota.* Se observa los tubos cortados para su modificación, estos serán cambiados por unos más livianos teniendo como principio la disminución del peso del SAE para un mayor desempeño.

### **Figura 48**

*Bastidor modificado final*



*Nota.* Al finalizar el procedimiento de pintura se puede visualizar el resultado final del chasis tubular del vehículo formula SAE eléctrico con unos acabados geniales.

## Capítulo IV

### Protocolo de pruebas

Al finalizar con la remodelación del bastidor del formula SAE eléctrico, colocando los nuevos componentes eléctricos que forman parte del prototipo SAE eléctrico, se empezó a verificar el comportamiento del bastidor e identificar comportamientos inapropiados o defectos en alguna parte del chasis. Lo cual se llevó a cabo pruebas de funcionalidad para verificar rupturas o anomalías dentro del bastidor del formula SAE eléctrico.

Las comprobaciones se las realizo con todos los elementos colocados y conectados correctamente y de forma funcional, el funcionamiento de la estructura tubular es verificar si existen imperfecciones o rupturas en los puntos de suelda, incluyendo las vibraciones que puedan generar desde el motor eléctrico, inestabilidad de la dirección o ruptura de la carrocería, teniendo en cuenta que los componentes instalados tampoco sufran de ruptura al movilizar el chasis tubular generando daños a diferentes sistemas y en el peor de los casos al conductor.

El vehículo de competición fórmula SAE eléctrico originalmente mantiene distintos pesos y contando con la implementación de nuevos sistemas ya sean eléctricos o mecánicos, como el peso del conductor, por lo general los pesos hacen que la estructura este sometida a distintas cargas o fuerzas al momento de generar las pruebas de ruta, verificando los resultados y el correcto funcionamiento del vehículo de competencia SAE eléctrico.

**Figura 49***Formula SAE*

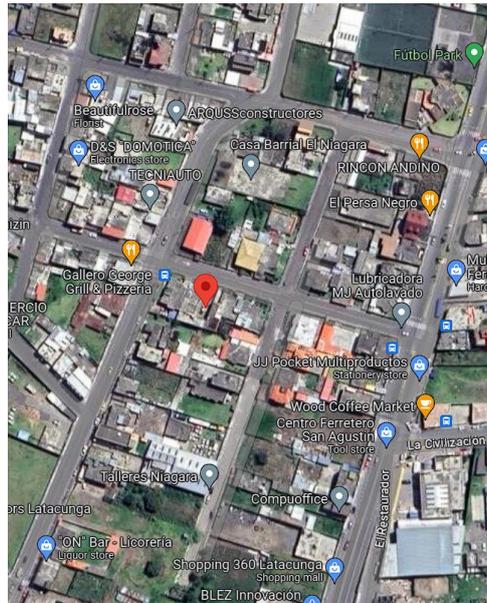
*Nota.* Preparación para la ruta de pruebas.

**Pruebas en ruta**

Las pruebas se realizaron para verificar que el chasis trabaje en buen estado y genere un buen rendimiento, también verificar el buen funcionamiento de los sistemas complementarios del vehículo de competición SAE eléctrico, por lo general las pruebas son expuestas a diversas condiciones dentro de la pista. Se realizó las pruebas en la ciudad de Latacunga en el barrio El Niagara, el lugar establece parámetros los cuales exigen una maniobrabilidad excelente y tramos que permite operabilidad más compleja y más definida.

**Figura 50**

*Pista establecida en el barrio El Niagara*

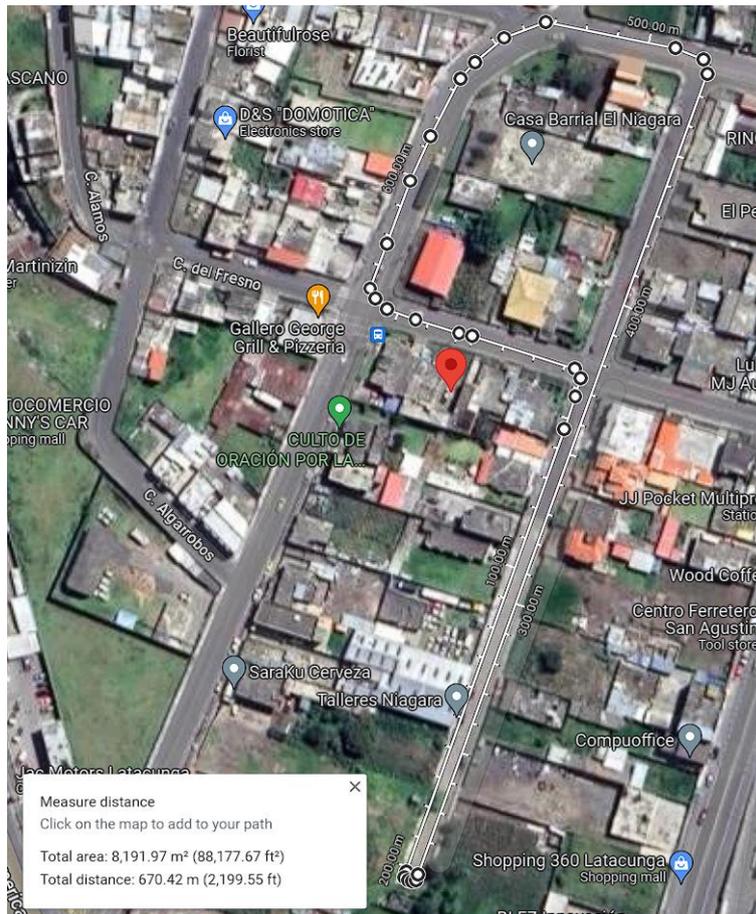


*Nota. Estructuración de la ruta.*

El formula SAE eléctrico se desplazó de una velocidad moderada, para poder verificar el funcionamiento correcto del batidor y de los elementos dentro del mismo se recorrió la ruta trazada dentro del barrio El Niagara como se observa en la figura 51. Cuando ya se han probado absolutamente los sistemas, las correspondientes pruebas se ejecutaron a velocidades moderadas y en condiciones más duras para verificar el buen funcionamiento de una fórmula SAE eléctrico.

**Figura 51**

*Rutas de Pruebas*



*Nota.* Ruta a seguir para pruebas.

Al finalizar las pruebas tenemos como resultado una mejor durabilidad del material y ninguna imperfección dentro del bastidor y la carrocería, genera una excelente estabilidad al curvar, lo que identifica que el bastidor genera una resistencia y estabilidad dentro de los parámetros establecidos en la ruta.

Posteriormente el prototipo realizó durante el proceso de pruebas 2 vueltas a una velocidad estable, se identificó que el bastidor cumple con los requerimientos de aguantar el peso de los componentes como del conductor, lo que indica que la fabricación del Bastidor tubular cumple con las exigencias dentro del manejo del prototipo SAE eléctrico.

**Figura 52**

*Comportamiento del bastidor y carrocería.*



*Nota.* Pruebas realizadas en cuestas, baches y cuervas

Se realizó una inspección detallada de toda la parte estructural del bastidor del formula SAE eléctrico determinando que no existe deformación alguna, tampoco presentó ningún tipo de fisura, teniendo como resultado que dicho bastidor fue modificado correctamente al no sufrir ningún daño dentro de la ruta de pruebas.

## Capítulo V

### Conclusiones y recomendaciones

#### Conclusiones

La reconstrucción del bastidor del formula SAE eléctrico es un proceso complejo porque requiere la consideración de muchos factores como el tipo de material, el tamaño, la forma del mismo y las técnicas de construcción utilizadas, para llevar a cabo una reconstrucción precisa era importante conocer la historia teniendo en cuenta las técnicas de construcción y modelaje.

Al finalizar en el programa CAD-CAE, el modelado, la reconstrucción y las pruebas, verificamos que el fórmula SAE eléctrico cumplió con todos los aspectos tanto así que fueron perfectas. Se realizaron pruebas de análisis estructural mediante el software CAE, durante las cuales no se superó el límite elástico, lo que podría cambiar el material utilizado para construir el marco, evitando así las deformaciones permanentes que teóricamente podrían ocurrir en la estructura.

Como pudimos verificar con el software ANSYS, la deformación del marco es casi nula, no hubo cruce del límite elástico que pudo deformar al material aplicado para la construcción del bastidor, evitando así teóricamente posibles deformaciones permanentes que se pudieran presentar en la estructura, cumpliendo con las condiciones en la prueba, los resultados determinaron que el bastidor era capaz de soportar las cargas aplicadas. En todas las simulaciones que se realizaron no hubo un sobrepaso del límite elástico que pudo deformar al material aplicado para la construcción del bastidor.

La modificación del chasis del prototipo eléctrico de carreras de fórmula SAE ha dado resultados positivos en carretera, tiene un gran impacto positivo en el diseño, la estructura y la buena distribución del peso del chasis. El proyecto de producción del prototipo de competencia SAE fue todo un éxito gracias a los conocimientos adquiridos y aprendidos.

## **Recomendaciones**

Regirse a la normativa del formula SAE 2022, respetando los parámetros de construcción, material, peso, altura, tubos y tipos de acero. Esto permite un diseño garantizado al momento de su fabricación todo esto certificado por la normativa de la formula SAE

Durante la fase de construcción es recomendable mejor los prototipos continuamente en el diseño de fisuras para evitar un exceso de desperdicio de material al momento de su fabricación para obtener un mayor rendimiento.

En el proceso de soldadura se recomienda utilizar el proceso de MIG para así obtener una soldadura de mayor resistencia.

La construcción del chasis utilizó tubería de 1" y 3/4" con un espesor de 2,4 mm para cumplir con el diseño y mejorar la construcción para un mejor manejo. Además, para un mejor sostén de las cargas que se aplicaron durante las pruebas de ruta.

## Bibliografía

- Alexander, M. B. (2022). *Monografía, previo a la obtención del Título de Tecnólogo Superior en Mecánica*. Iatacunga.
- Alvarez, D. (Dirección). (2023). *INTRODUCCIÓN DE ANSYS* [Película].
- Andrade, A., & Jaramillo, G. (2009). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL CHASIS PARA UN VEHÍCULO TIPO BUGGY DE LA FÓRMULA AUTOMOVILÍSTICA UNIVERSITARIA (FAU)*. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, FACULTAD DE MECÁNICA. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1331/1/65A00005.pdf>
- CarBike Tech. (17 de Marzo de 2017). *CBT*. Obtenido de <https://carbiketech.com/chassis/>
- DSIT. (Noviembre de 2019). *Universidad de los Andes*. Obtenido de <https://tecnologia.uniandes.edu.co/ansys-workbench/#:~:text=La%20plataforma%20Ansys%20Workbench%20le,simulaci%C3%B3n%20en%20un%20solo%20lugar.>
- Euroweld*. (24 de Noviembre de 2020). Recuperado el 17 de Julio de 2022, de <https://euroweld.es/acero-soldadura/>
- Fidalgo, R. (10 de Abril de 2017). *Autocasión*. Obtenido de <https://www.autocasion.com/actualidad/reportajes/la-tecnologia-de-construccion-ligera-de-audi-cumple-20-anos-con-750-000-vehiculos-fabricados>
- Gamarra, D. (2020). *Determinación de los parámetros óptimos de la soldadura TIG, para tuberías de diámetro estándar de 1" y 4" con especificación técnica ASTM A270-tipo 304 y evaluación por ensayos no destructivos*. Universidad Politécnica Salesiana de Quito. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18546/1/UPS%20-%20ST004478.pdf>
- Golden Motor*. (2019). Recuperado el 10 de Julio de 2022, de <https://goldenmotor.com/>
- GRANDA, L. (2018). *DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA CARROCERIA DE UN VEHICULO DE COMPETENCIA FORMULA SAE ELECTRICO*. Recuperado el 10 de Julio de 2022, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15150/1/UPS-CT007483.pdf>
- Hernández, V. (2018). *El Acero en la carrocería*. Buenos Aires: Topics.
- Lopez, S. (15 de Septiembre de 2018). *Central de Repuestos*. Obtenido de <https://centralderepuestostr.com/bastidor/>
- Martinez, A. (2021). *GQ SPORTS*. Recuperado el 10 de 07 de 2022, de <https://www.gq.com.mx/deportes/articulo/cuanto-debe-pesar-un-piloto-de-la-formula-1-en-2021#:~:text=El%20peso%20de%20los%20pilotos,eso%20deben%20ser%20d el%20conductor.>
- Motors, M. (2020). *Materiales más usados en el chasis y cuerpo de una camioneta*.

- Motors, Mitsubishi. (2020). *Materiales más usados en el chasis y cuerpo de una camioneta*. Recuperado el 04 de Junio de 2022, de <https://www.mitsubishi-motors.com.pe/blog/materiales-usados-chasis-camioneta/>
- Pérez, P. M. (2018). *Métodos de los elementos finitos*. Sevilla: Universidad de Sevilla .
- Plaza, D. (14 de Marzo de 2020). *Motor.es*. Obtenido de <https://www.motor.es/que-es/chasis-bastido>
- Plaza, D. (25 de Febrero de 2020). *Motor.es*. Obtenido de <https://www.motor.es/que-es/chasis-bastidor#:~:text=El%20chasis%20o%20bastidor%20es,resto%20de%20componentes%20del%20autom%C3%B3vil>.
- R.P.Singh. (2010). *STRUCTURAL PERFORMANCE ANALYSIS OF FORMULA SAE CAR*.
- Redacción Aceromafe. (02 de Marzo de 2021). *Aceromafe*. Obtenido de <https://www.aceromafe.com/acero-al-carbono-descripcion/>
- RENOGY . (2020). Recuperado el 10 de Julio de 2022, de <https://es.renogy.com/bateria-inteligente-de-litio-ferrofosfato-de-12v-100ah/>
- Rivera, F. (25 de Septiembre de 2019). *El Chapista* . Obtenido de [http://www.elchapista.com/carrocerias\\_historia.html#:~:text=En%201927%20apareci%C3%B3%20la%20primera,su%20producci%C3%B3n%20de%20forma%20masiva](http://www.elchapista.com/carrocerias_historia.html#:~:text=En%201927%20apareci%C3%B3%20la%20primera,su%20producci%C3%B3n%20de%20forma%20masiva).
- Rodríguez, H. (2018). *El Bastidor de los Vehículos Automóviles*. Buenos Aires : Ingemec.
- Rouz Esquíroz. (Agosto de 2019). *Solid BI*. Obtenido de <https://solid-bi.es/prueba-solidworks-online-forma-gratuita/>
- Sergio Casas, I. P. (2016). *Expresión Grafica* . Valencia : Incasol.
- Sole, C. (14 de Febrero de 2022). *TOYOTA*. Obtenido de <https://blog.toyota-forklifts.es/que-son-las-baterias-de-litio>
- Ulbrinox. (24 de Abril de 2020). *Ulbrinox*. Obtenido de <https://www.ulbrinox.com.mx/blog/que-son-los-aceros-inoxidables-1>
- Wilde Analysis Ltd. (2018). Banco de trabajo Ansys. *Simulación de diseño*, 5-6.
- William, V. (2016). *Diseño y construcción de un asiento ergonómico en fibra natural aplicado a un vehículo de competencia tipo fórmula SAE*. Recuperado el 10 de Julio de 2022, de <http://dspace.espace.edu.ec/handle/123456789/5850>

**Anexos**