



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

**Diseño y construcción de un chasis tubular para auto Supercrosscar con motor Suzuki Forza G10 SOHC**

Flores Yáñez, Silvio Ariel y Vizúete Totoy, Andrés Eduardo

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

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

Msc. Cevallos Carvajal, Alex Santiago

16 de agosto del 2022

Latacunga- Ecuador

# COPYLEAKS

TESIS FLORES - VIZUETE.pdf

Scanned on: 18:29 August 10, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	366
Words with Minor Changes	58
Paraphrased Words	489
Omitted Words	0



ALEX SANTIAGO  
CEVALLOS  
CARVAJAL

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "A. Cevallos &".

Cevallos Carvajal, Alex Santiago

C. C.: 0502530447



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

### Certificación

Certifico que el trabajo de Unidad de Integración Curricular, "Diseño y construcción de un chasis tubular para auto Supercrosscar con motor Suzuki Forza G10 SOHC" fue realizado por los señores Flores Yáñez, Silvio Ariel y Vizúete Totoy, Andrés Eduardo; 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 analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 16 de agosto del 2022

Firma:

Cevallos Carvajal, Alex Santiago

C. C.: 0502530447



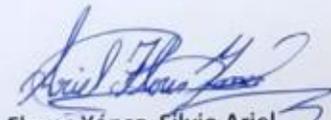
Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

### Responsabilidad de Autoría

Nosotros, Flores Yáñez, Silvio Ariel y Vizuete Totoy, Andrés Eduardo con cedula de ciudadanía N° 0502921232 y 1804775300, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de Unidad de Integración Curricular: **Diseño y construcción de un chasis tubular para auto Supercrosscar con motor Suzuki Forza G10 SOHC** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 16 de agosto del 2022.



Flores Yáñez, Silvio Ariel  
C.C.: 0502921232



Vizuete Totoy, Andrés Eduardo  
C.C.: 1804775300



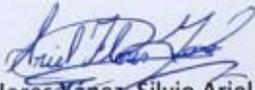
Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

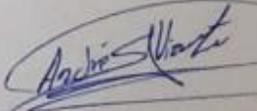
Carrera de Ingeniería Automotriz

Autorización de Publicación

Nosotros, Flores Yánez, Silvio Ariel, y Vizuite Totoy, Andrés Eduardo con cédulas de ciudadanía n° 0502921232 y 1804775300, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de Unidad de Integración Curricular: "Diseño y construcción de un chasis tubular para auto Supercrosscar con motor Suzuki Forza G10 SOHC" en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 16 de agosto del 2022

  
Flores Yánez, Silvio Ariel  
C.C.: 0502921232

  
Vizuite Totoy, Andrés Eduardo  
C.C.: 1804775300

### **Dedicatoria**

A mi familia por siempre darme brindarme su apoyo incondicional a pesar de todas las adversidades que hemos llegado a pasar durante estos años razón por la cual he llegado a la culminación de esta gran meta propuesta que me he llegado a trazar desde hace años. A usted Padre especialmente porque nunca me ha hecho pasar necesidades y haberme convertido en una persona respetuosa y responsable además de estar siempre acompañándome en todo momento todos de mis alegrías y tristezas, brindándome sus consejos que siempre fueron por mi felicidad

A mi madre que sé que nunca me dejo de apoyar y sé que estará orgullosa de todos los logros que he llegado y llegare a obtener gracias a que siempre me demostró todo el amor y apoyo incondicional que una persona puede llegar a ofrecer.

**Silvio Ariel, Flores Yánez**

### **Dedicatoria**

Este trabajo está dedicado al esfuerzo y constancia brindada por mis padres Alba Lucía Totoy Camacho y Luis Eduardo Vizuite Rodríguez por brindarme la oportunidad de conseguir esta tan añorada meta, a mis abuelos por su apoyo incondicional y moral, ya que gracias a todos ellos he logrado conseguir la meta que levanto con el presente trabajo.

Dedico este trabajo a mis amigos y familiares que en momentos críticos supieron extender su mano de apoyo.

**Vizuite Totoy, Andrés Eduardo**

### **Agradecimiento**

A mis padres, por el gran esfuerzo inalcanzable que han ido realizando desde pequeño hasta este gran momento de mi vida, dándome siempre su apoyo incondicional en todos los aspectos, además de inculcarme siempre buenos valores los cuales sirvieron para moldearme y ser la persona que soy hoy en día.

A mis hermanos quienes a pesar de las adversidades siempre están conmigo compartiendo las alegrías y tristezas que hemos llegado a pasar.

A toda mi familia tanto paterna como materna que ya sea directamente o indirectamente siempre me mostraron su apoyo, cariño y confianza.

**Silvio Ariel, Flores Yáñez**

### **Agradecimiento**

Realizo respetuoso agradecimiento a la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe por acogerme bajo su manto del saber y permitir que forme parte de tan reconocida institución. Así mismo a los ingenieros y docentes del Departamento de Energía y Mecánica por compartir sus conocimientos, tiempo y enseñanzas a lo largo de la carrera. Al Ing. Alex Cevallos por su dedicada labor, tiempo y ayuda en el desarrollo del presente proyecto.

A mis padres que me han apoyado a lo largo de toda la carrera, por compartir triunfos y lágrimas a mi lado en toda esta vida universitaria.

A Mishell por convertirse en un pilar fundamental y de apoyo en la recta final de mi carrera.

A Edwin Palma que se ha convertido en un hermano a lo largo de toda la carrera, compartiendo experiencias, clases y aprendiendo a ser mejores cada día.

Agradezco a mí mismo por no rendirme y presentarme fuerte ante todas las adversidad y problemas que se han presentado.

**Vizuite Totoy, Andrés Eduardo**

**ÍNDICE DE CONTENIDOS**

<b>Carátula.....</b>	<b>1</b>
<b>Reporte de verificación de contenido .....</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>Dedicatoria.....</b>	<b>7</b>
<b>Agradecimiento .....</b>	<b>8</b>
<b>Agradecimiento .....</b>	<b>9</b>
<b>Índice de contenidos.....</b>	<b>10</b>
<b>Índice de tablas.....</b>	<b>14</b>
<b>Índice de figuras.....</b>	<b>15</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>21</b>
<b>Justificación .....</b>	<b>21</b>
<b>Objetivos .....</b>	<b>22</b>

<i>Objetivo General</i> .....	22
<i>Objetivos Específicos</i> .....	22
Capítulo II: Fundamentación teórica .....	23
FIA .....	23
Competición Supercrosscar.....	23
<i>Competición Autocross</i> .....	23
Carrocería .....	24
Chasis .....	24
Reglamento técnico de la R.F.E.d.A. ....	25
<i>Medidas establecidas para chasis y carrocería</i> .....	28
<i>Carrocería para competición</i> .....	29
<i>Estructura de seguridad</i> .....	31
<i>Estructura básica</i> .....	33
<i>Refuerzos obligatorios</i> .....	33
<i>Refuerzos y tirantes opcionales</i> .....	35
<i>Disposiciones complementarias</i> .....	38
Materiales especificados para diseño y construcción .....	39
Ensayo para cargas dinámicas.....	39
FEDAK.....	40
<i>Requerimiento de la FEDAK para categoría TC promocional</i> .....	40

Capítulo III: Diseño .....	42
Diseño del chasis tubular .....	42
<i>Triangularización</i> .....	42
Desarrollo de las fases de diseño .....	43
<i>Diseño conceptual</i> .....	43
<i>Estructura básica</i> .....	43
<i>Tirantes y refuerzos obligatorios a implementar</i> .....	44
<i>Elementos de refuerzo de techo a implementar</i> .....	45
<i>Pilar de refuerzo del parabrisas a implementar</i> .....	46
<i>Puntos de anclaje sobre la suspensión delantera a implementar</i> .....	47
<i>Miembros transversales a implementar</i> .....	47
<i>Refuerzos de ángulos o uniones a implementar</i> .....	48
<i>Diagonales de los tirantes traseros a implementar</i> .....	48
<i>Mediciones principales del vehículo</i> .....	49
<i>Boceto del chasis</i> .....	50
Capítulo IV: Análisis de la estructura .....	59
Método de elementos finitos (MEF) .....	59
<i>Ensayos establecidos por la norma</i> .....	59
<i>Criterio de Von Mises</i> .....	61
<i>Material aplicado a la estructura</i> .....	61

<i>Análisis lateral de la estructura</i> .....	62
<i>Análisis Vertical de la estructura</i> .....	66
<i>Análisis Frontal de la estructura</i> .....	69
<i>Factores dinámicos</i> .....	72
<b>Capítulo V: Construcción chasis tubular</b> .....	76
Selección de material .....	76
<i>Fabricación</i> .....	76
<i>Interpretación del ensayo de líquidos penetrantes</i> .....	85
<b>Capítulo VI: Conclusiones y recomendaciones</b> .....	88
Conclusiones .....	88
Recomendaciones .....	90
<b>Bibliografía</b> .....	91
<b>Anexos</b> .....	93

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b> <i>Tabla de seguridad mínima para vehículos homologados a partir del 2002</i> .....	37
<b>Tabla 2</b> <i>Medidas perfil tubular</i> .....	57
<b>Tabla 3</b> <i>Dimensiones de soportes de las bases</i> .....	58
<b>Tabla 4</b> <i>Propiedades del material</i> .....	62
<b>Tabla 5</b> <i>Factores dinámicos de impacto frontal</i> .....	72
<b>Tabla 6</b> <i>Factores dinámicos impacto lateral</i> .....	73
<b>Tabla 7</b> <i>Parámetros prueba de vuelco</i> .....	74
<b>Tabla 8</b> <i>Especificación de soldadora</i> .....	79
<b>Tabla 9</b> <i>Parámetros de voltaje y amperaje del electrodo en función de su diámetro</i> .....	81
<b>Tabla 10</b> <i>Tabla de propiedades del metal depositado</i> .....	81
<b>Tabla 11</b> <i>Propiedades químicas del material</i> .....	82

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Configuración mínima de seguridad .....	26
<b>Figura 2</b> Uniones de arco principal y delantero .....	27
<b>Figura 3</b> Placa de refuerzo en arcos laterales y semiarcos laterales.....	28
<b>Figura 4</b> Lineamientos de arco principal y delantero .....	31
<b>Figura 5</b> Lineamiento de arcos laterales .....	32
<b>Figura 6</b> Disposiciones posibles para la ubicación de tirantes diagonales.....	33
<b>Figura 7</b> Disposiciones disponibles para barras de las puertas.....	34
<b>Figura 8</b> Refuerzos del techo posibles .....	34
<b>Figura 9</b> Refuerzos para el parabrisas.....	35
<b>Figura 10</b> Refuerzos opcionales sobre suspensión delantera.....	35
<b>Figura 11</b> Refuerzos transversales .....	36
<b>Figura 12</b> Estructuras mínimas de seguridad.....	37
<b>Figura 13</b> Estructura mínima de seguridad para vehículos a partir de 01/01/2001.....	38
<b>Figura 14</b> Impacto de barrera frontal .....	40
<b>Figura 15</b> Triangulación .....	42
<b>Figura 16</b> Definición posible de estructura básica .....	44
<b>Figura 17</b> Selección de disposición de tirante diagonal .....	44
<b>Figura 18</b> Disposición elegida para refuerzo de las puertas .....	45
<b>Figura 19</b> Configuración seleccionada para el refuerzo en el techo de la estructura .....	46
<b>Figura 20</b> Refuerzo para parabrisas seleccionado .....	46
<b>Figura 21</b> Selección de anclaje para estructura de seguridad.....	47
<b>Figura 22</b> Miembro transversal.....	47
<b>Figura 23</b> Refuerzo a implementar en ángulos o uniones.....	48

<b>Figura 24</b> <i>Tirantes traseros seleccionados para implementar en el diseño</i> .....	49
<b>Figura 25</b> <i>Mediciones iniciales reales del vehículo</i> .....	50
<b>Figura 26</b> <i>Boceto inicial</i> .....	50
<b>Figura 27</b> <i>Implementación de tirante diagonal</i> .....	51
<b>Figura 28</b> <i>Refuerzo en X para puertas</i> .....	51
<b>Figura 29</b> <i>Refuerzo del techo</i> .....	52
<b>Figura 30</b> <i>Refuerzo parabrisas</i> .....	52
<b>Figura 31</b> <i>Puntos de anclaje en suspensión delantera</i> .....	53
<b>Figura 32</b> <i>Miembro estructural</i> .....	53
<b>Figura 33</b> <i>Uniones de refuerzo para ángulos</i> .....	54
<b>Figura 34</b> <i>Tirantes traseros</i> .....	54
<b>Figura 35</b> <i>Vista lateral de la estructura</i> .....	55
<b>Figura 36</b> <i>Vista frontal</i> .....	55
<b>Figura 37</b> <i>Vista superior</i> .....	56
<b>Figura 38</b> <i>Vista isométrica</i> .....	56
<b>Figura 39</b> <i>Diseño de estructura tubular</i> .....	57
<b>Figura 40</b> <i>Aplicación de cargas según la reglamentación</i> .....	60
<b>Figura 41</b> <i>Restricción de movimiento en la estructura</i> .....	60
<b>Figura 42</b> <i>Aplicación de cargas laterales para simulación</i> .....	63
<b>Figura 43</b> <i>Restricción total de la estructura</i> .....	63
<b>Figura 44</b> <i>Máximo esfuerzo con carga lateral aplicada</i> .....	64
<b>Figura 45</b> <i>Desplazamiento lateral de la estructura</i> .....	65
<b>Figura 46</b> <i>Aplicación de carga vertical a la estructura</i> .....	66
<b>Figura 47</b> <i>Restricción de estructura para análisis</i> .....	67

<b>Figura 48</b> <i>Máximo esfuerzo con carga frontal aplicada</i> .....	67
<b>Figura 49</b> <i>Desplazamiento vertical de la estructura</i> .....	68
<b>Figura 50</b> <i>Aplicación de carga frontal</i> .....	69
<b>Figura 51</b> <i>Restricción de estructura para simulación</i> .....	70
<b>Figura 52</b> <i>Máximo esfuerzo obtenido en simulación</i> .....	70
<b>Figura 53</b> <i>Resultado de análisis de desplazamiento de parte frontal de la estructura</i> .....	71
<b>Figura 54</b> <i>Impacto frontal</i> .....	73
<b>Figura 55</b> <i>Impacto lateral</i> .....	74
<b>Figura 56</b> <i>Fuerzas que se presentan en caso de vuelco</i> .....	75
<b>Figura 57</b> <i>Medición y marcaje de materiales</i> .....	77
<b>Figura 58</b> <i>Corte de perfil tubular</i> .....	78
<b>Figura 59</b> <i>Doblado del arco principal</i> .....	78
<b>Figura 60</b> <i>Suelda MIG</i> .....	80
<b>Figura 61</b> <i>Resultado final de suelda MIG</i> .....	82
<b>Figura 62</b> <i>Diagrama de aplicación de líquidos penetrantes</i> .....	84
<b>Figura 63</b> <i>Limpieza previa ensayo de líquidos penetrantes</i> .....	84
<b>Figura 64.</b> <i>Resultado de ensayo de tintas penetrantes</i> .....	85
<b>Figura 65</b> <i>Hilo de soldadura en buen estado</i> .....	86
<b>Figura 66</b> <i>Preparación de vehículo para pintura</i> .....	87
<b>Figura 67</b> <i>Estructura finalizada</i> .....	87

## Resumen

Este proyecto se centra en diseñar y construir una estructura tubular de seguridad que será implementada en el vehículo con motor Suzuki Forza G10, para esto el diseño estará regido a parámetros de fabricación acorde al reglamento establecido por la R.F.E.d.A. El vehículo Suzuki Forza G10 presenta características idóneas que permitan generar un diseño óptimo, así como la implementación de la estructura tubular. En Ecuador este tipo de vehículo es adaptado artesanalmente mientras que en otros países los vehículos de competición ya son construidos en serie. Para este punto el realizar una adaptación al vehículo Suzuki Forza G10 de manera artesanal para competición deja un amplio margen de mejoras, esto debido a que el proceso de investigación y análisis previo permite encontrar materiales a la par de diseños que se asemejen a las prestaciones de los vehículos construidos en serie. En el Ecuador la competición Supercrosscar no se lleva a cabo; sin embargo, la FEDAK desarrolla competiciones a nivel nacional, por tanto, al considerar los parámetros que están establecidos por este organismo referente a la estructura tubular de seguridad, esta puede ser homologada para competir en circuitos nacionales puesto que un vehículo de competición Supercrosscar está diseñado para competiciones de montaña y asfalto.

*Palabras clave:* Real Federación Española de Automovilismo, seguridad estructural, chasis tubular.

### **Abstract**

This project focuses on the design and construction of a tubular safety structure to be implemented in the Suzuki Forza G10 motor vehicle, for this purpose the design will be governed by the parameters of manufacture according to the regulations established by the Royal Spanish Automobile Federation or R.F.E.d.A. The Suzuki Forza G10 vehicle has ideal characteristics for the design and implementation of an appropriate safety structure. In Ecuador, this type of vehicle is adapted by craftsmen, while in other countries competition vehicles are already mass-produced. In this sense, the adaptation of the Suzuki Forza G10 vehicle in a handcrafted manner for competition leaves ample margin for improvements, since the research and analysis process allow to find materials and designs that resemble the performance of series-built vehicles. In Ecuador there is no Supercrosscar competition, however, FEDAK holds competitions at national level, so, considering the parameters established by this organization concerning to the tubular safety structure, it can be homologated to participate in national circuits, because a Supercrosscar competition vehicle is designed for mountain and asphalt competitions.

*Key words:* Spanish Royal Automobile Federation, structural safety, tubular chasis.

## Capítulo I

### Introducción

#### Antecedentes

Para que un vehículo sea considerado como un Supercrosscar, este debe cumplir con determinados requisitos, estos vehículos deben ser biplaza, normalmente con tracción trasera y una potencia que esté en un rango de entre 150 C.V. a 200 C.V., así mismo debe tener un peso considerado bajo y que esté adaptado para circular en tierra y asfalto. Para este tipo de vehículo la relación de peso-potencia debe rondar los 2.5 Kg. /C.V., esto se logra teniendo un motor relativamente pequeño de la mano de un vehículo con carrocería pequeña y por consecuencia peso ligero (RoCar Prototipos, 2009.).

Desde años atrás el creciente uso de software CAD ha brindado la oportunidad de generar análisis de elementos finitos facilitando de esta manera los cálculos necesarios para el generar estructuras seguras, con esto se ha podido obtener resultados de análisis complejos a más de disminuir tiempos de fabricación. Se debe considerar varios diseños para ser sometidos a simulaciones de tensión y deslizamiento con el fin de comprobar la fiabilidad del diseño generado, esto con el fin de comprobar las pruebas estáticas (López, 2018).

La estructura de seguridad o también llamada Roll Bar está regida por la normativa impuesta por la R.F.E.d.A., en base a este se han desprendido varias normativas que responden al diseño de estructuras de protección, en los distintos países, esto claro cumpliendo con diferentes exigencias (Cárdenas, 2015).

Al contar con un diseño y tener prestaciones particulares entre sus principales características, este tipo de vehículo presenta las cualidades necesarias referentes a seguridad, economía, presentación y competitividad respecto a su desempeño, el diseño y construcción de este tipo de vehículos puede dar paso a competiciones con más peso si se realizan de manera adecuada (RoCar Prototipos, 2009.).

## **Planteamiento del problema**

El diseño de un chasis tubular parte de la necesidad de adaptar un vehículo convencional en uno de competición, esto a través de la implementación de sistemas auxiliares y modificaciones en la parte del chasis, añadiendo así el Roll Bar.

La construcción del Roll Bar se centra en crear una protección confiable para el piloto y su acompañante, ya que está destinada a proteger la cabina en caso de accidentes. Así pues, esta deberá contar con propiedades que le permitan resistir impactos y colisiones sin sufrir deformaciones.

A nivel mundial la F.I.A establece en diversos artículos y reglamentos los aspectos a considerar para que una estructura de seguridad se considere aceptable, así mismo la R.F.E.d.A detalla en mayor medida los requerimientos mínimos de seguridad para que el vehículo sea apto para la competición Supercrosscar tomando como referencia los reglamentos ya establecidos por la F.I.A.

Actualmente en el país no se diseñan vehículos de competición en serie y los que han sido creados son de manera artesanal, para esto la FEDAK brinda una serie de lineamientos que seguir para que los vehículos puedan participar en las competiciones organizadas por esta. A pesar de esto no se tienen claros los lineamientos a seguir para que el vehículo cumplan los requerimientos necesarios.

A nivel de Cotopaxi la construcción de este tipo de estructura no es común, por lo que el conocimiento para la realización de la misma está más guiado a la experiencia que a la de seguir un reglamento. Esto último no asegura la fiabilidad de la estructura y deja un campo a ciegas en la construcción de la misma.

## **Justificación**

Actualmente en el país las competiciones de automovilismo si bien están bajo la organización de la FEDAK no tiene el impacto esperado en la sociedad ecuatoriana, esto se debe posiblemente al desconocimiento de los reglamentos y estatutos que rigen a estas competiciones. La importancia del

presente trabajo yace en dar a conocer los aspectos y reglamentos de seguridad básicos que se deben considerar para diseñar e implementar la estructura de seguridad, esto con el fin de que sea aplicable a un vehículo y prepararlo para competición. Así mismo el trabajo brindará una pauta clara y concisa acerca de los lineamientos a seguir para obtener una estructura segura que cumpla con lo establecido por F.I.A y la F.R.E.d.A, esto asegura que el vehículo cumpla con los requisitos necesario para ser homologado y sea apto para competir en circuitos a nivel nacional.

## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

- Diseño e implementación de un chasis tubular de Supercrosscar para un vehículo Suzuki Forza G10 SOCH

### ***Objetivos Específicos***

- Diseñar la geometría del chasis tubular de una manera aproximada utilizando la ayuda un software CAD.
- Determinar factores de resistencia estática dinámica, fatiga además de elementos estructurales que comprometan la estabilidad de chasis.
- Desarrollar un estudio estático para simular el comportamiento de la estructura al someterse a cagar de impacto.
- Construcción del chasis tubular de seguridad de Supercrosscar para un vehículo Suzuki Forza G10 SOCH
- Consulta bibliográfica los reglamentos y disposiciones establecidos por la R.F.E.d.a para la condición de diseño.

## Capítulo II

### Fundamentación teórica

#### FIA

La federación internacional del automóvil, o FIA por sus siglas es una organización que se actúa como órgano rector del sector automovilístico a nivel mundial además de abarcar a las principales organizaciones automovilísticas del globo. Esta es fundada en 1904 con sede en París, esta organización nació sin ánimo de lucro y reúne a 240 organizaciones nacionales de automovilismo en alrededor de 144 países distribuidos en cinco continentes (FIA, 2015).

La FIA tiene una historia tan larga como la del automóvil en sí, con el crecimiento de las carreras en París a inicios del siglo XX también se debían crear reglas de seguridad y normas para una competencia justa, es así como el Automobile Internationale de France crea una alianza con 12 clubes alrededor del todo el mundo, formando la Association Internationale des Automobile Clubs Reconnus, siendo esta el antecedente a la actual FIA.

Las competiciones a nivel mundial de la fórmula uno es realizadas desde 1950 de la mano organizadora de la FIA, desde este punto la organización empezaría a evolucionar yendo desde la Fórmula Uno hasta el campeonato Internacional de Rally, esto claro siendo fiel a sus bases de una competición justa y con altos niveles de seguridad.

#### **Competición Supercrosscar**

#### ***Competición Autocross***

Esta competición es cronometrada en donde los pilotos deberán avanzar por un circuito o recorrido definido, pudiendo ser de superficie irregular o asfalto.

También conocidos como Rallycross abogan a la destreza y desenvolvimiento del conductor, antes que centrarse en los parámetros de potencia y velocidad del vehículo o del motor. Este tipo de

competición tienden a aceptar varias clases de vehículos pudiendo encontrarse desde sedanes hasta prototipos y autos modificados contruidos específicamente para competición.

**Competición Auto Cross América.** Esta competición está sancionada por la Confederación Australiana de Automovilismo, definiéndola como un evento que se desarrolla en campo abierto en pistas de longitudes menores a los dos kilómetros de longitud. Para esta competición los vehículos pueden ser desde vehículos de carretera estándar, aceptando vehículos híbridos adaptados para esta competición y por último motores preparados para competición.

**Competición Auto Cross Australia.** Esta competencia se realiza comúnmente en superficies pavimentadas, esta es una forma accesible de competición dado que son competencias aptas para principiantes. Al desarrollar en pistas cuyas superficies son pavimentadas se presentan pocos riesgos de obstrucciones, barreras u otros inconvenientes que pudiesen presentarse en la pista.

### **Carrocería**

La carrocería nace a partir de la estructura de los antiguos carruajes, alrededor del siglo XIX se añaden formas y estructuras de las cuales se derivarían las carrocerías actuales. Estas implementan características direccionadas a la habitabilidad, esto referido a características aerodinámicas que en términos de rendimiento significan alcanzar velocidades mayores con menos índices de potencia y consumo. Los materiales actuales de las carrocerías en gran medida permiten el disminuir el peso neto del vehículo, haciendo que de manera similar disminuyan las emisiones contaminantes. (Escuela Europea del Automóvil, 2015)

### **Chasis**

Se puede definir al chasis como una estructura la cuál será la base que soportará todas las piezas que conforman el vehículo. En términos más simples se puede hablar del chasis la estructura base del vehículo, pues esta estructura brindará la rigidez y soporte al vehículo. Este conecta las ruedas con el

sistema de dirección, así mismo distribuye las cargas, esfuerzos del vehículo y ubica todos los componentes en sus respectivas posiciones dentro del mismo (Ferrer, 2022).

Actualmente la principal finalidad del chasis es la de proteger a los ocupantes del vehículo, siendo diseñado para soportar o absorber de una manera óptima los impactos, redistribuyendo las cargas y evitando en lo posible las deformaciones. En este punto puede considerarse que mientras más resistente y rigidez presente el chasis aumenta su seguridad, ya que de esta manera se disminuye la posibilidad de que el vehículo se deforme en caso de accidentes (Ferrer, 2022).

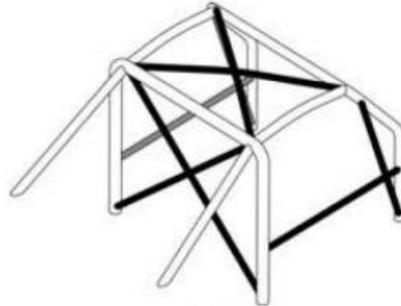
#### **Reglamento técnico de la R.F.E.d.A.**

En lo que respecta a reglamentación la R.F.E.d.A. describe claramente las normativas para la parte de carrocería y roll bar. Para esta parte se debe contar con arcos de seguridad y refuerzos que serán de ámbito obligatorio.

Ya que el propósito de implementar un arco de seguridad es el proteger al piloto y acompañante en caso de que el vehículo llegase a volcarse este deberá estar siempre presente. Este deberá estar acorde a la reglamentación del artículo 523.8, anexo J de la F.I.A. y estar montado sobre la carrocería con el propósito de impedir una deformación crítica en caso de vuelco. Los vehículos de construcción artesanal que no han sido homologados deberán estar equipados con estos arcos como configuración mínima conforme a los exigido en los Artículos 3.9 al 3.16 de la F.I.A. (Reglamento Técnico Para Vehículos Supercrosscar Autocross y Montaña, 2009).

**Figura 1**

*Configuración mínima de seguridad*

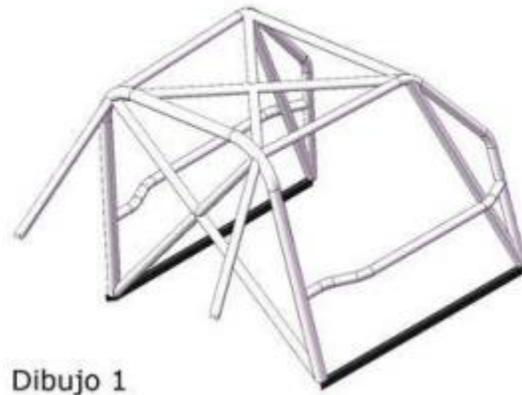


*Nota.* Esta estructura base está detallada en el reglamento técnico como requerimiento mínimo de seguridad. Tomado de Reglamento técnico para vehículos Supercrosscar Autocross y montaña, (2009).

Así mismo deberán presentar barras adicionales de refuerzo fijo, con un diseño libre. Se establece también que de preferencia deberán ser uniones de soldadura y en su defecto uniones por juntas atornilladas. Las soldaduras deberán ser de una calidad alta y de penetración total, se busca que la soldadura cubra todo el perímetro de los tubos. La R.F.E.d.A. dicta que los arcos principal y delantero estarán unidos en su parte inferior por unos tubos rectos soldados de acero de espesor de alrededor de 2 mm y parámetros de 30x30 mínimo y máximo de 50x50 (Reglamento Técnico Para Vehículos Supercrosscar Autocross y Montaña, 2009).

**Figura 2**

*Uniones de arco principal y delantero*

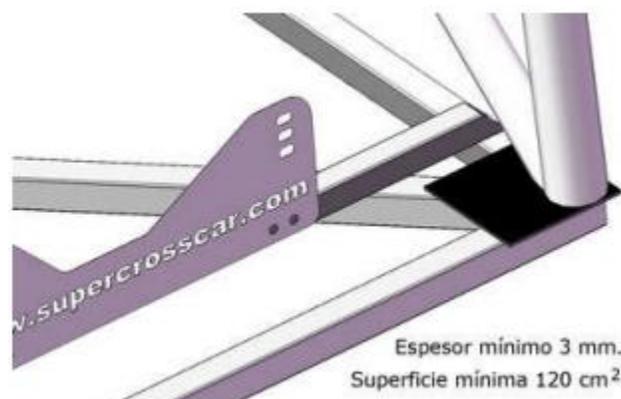


*Nota.* Sujeción de arcos principal y delantero entre sí. Tomado de Reglamento técnico para vehículos Supercrosscar Autocross y montaña, (2009).

Así mismo las bases del arco delantero estarán unidas en su parte inferior por un tubo transversal soldado, este puede seguir el contorno de la mampara, así mismo pueden tener un espesor de 2mm y parámetros de 30x30 mínimos y 50x50 máximo. Cabe recalcar que establece que cada punto de apoyo(anclaje) del arco principal, laterales y delantero deberán contar con placas de refuerzo, esto siguiendo lo especificado en el Artículo 8.3.2.6 del Anexo J de la F.I.A., con esto de preferencia se recomienda emplear hilos de soldadura.(Reglamento Técnico Para Vehículos Supercrosscar Autocross y Montaña, 2009)

**Figura 3**

*Placa de refuerzo en arcos laterales y semiarcos laterales*



*Nota.* De ser necesario se debe realizar un hilo de soldadura. Tomado de Reglamento técnico para vehículos Supercrosscar Autocross y montaña, (2009).

Se debe tener especial cuidado al momento de generar el hilo de suelda en lo que respecta al arco de seguridad delantero principal y laterales, la estructura de seguridad en sí no puede ir acoplada a componentes mecánicos con la excepción de los amortiguadores o torres. (Reglamento Técnico Para Vehículos Supercrosscar Autocross y Montaña, 2009)

***Medidas establecidas para chasis y carrocería***

La distancia entre ejes no debe ser modificada, pues no está permitido disminuirla y tampoco se aceptarán vehículos con una distancia entre ejes menor a 2000 mm. Si está permitido el incrementar esta distancia entre ejes de origen, siempre y cuando las ruedas queden dentro de la forma del vehículo cuando sea observado de una vista lateral. Así mismo la medida de longitud límite del vehículo no debe superar los 4000 mm, el ancho exterior máximo debe estar en los 1750 mm sin considerar los retrovisores. Se puede permitir una tolerancia de 150 mm esto únicamente si el diseño de origen sobrepasa la medida inicial definida. En lo que a puertas concierne, se mantendrán las originales, deberán mantener su origen metálico y con un aspecto idéntico al original con posibles cambios

pequeños en las molduras. En el caso de que el automóvil posea puertas traseras laterales estas deberán ser soldadas al cuerpo de la carrocería con tres cordones de suelda (como mínimo) de 25 mm de largo, estos deben ser visibles y cada uno de las aristas verticales y horizontales. (Reglamento Técnico Para Vehículos Supercrosscar Autocross y Montaña, 2009)

### ***Carrocería para competición***

La carrocería debe ser de acero y tendrá la misma forma externa a la original del vehículo. Junto con el arco de seguridad y piso forman una parte integral de construcción general, no están permitidos vehículos cuya carrocerías y chasis sean independientes, por tanto, una vez el vehículo sea terminado en su aspecto constructivo no debe ser posible el desmontarlo o separarlo para dejar un chasis rodante (Anexo J / Article 253, 2015).

Como complemento únicamente las siguientes piezas podrán estar compuestas por fibra de vidrio: aletas, capot del motor y tapa de la cajuela trasera. Así mismo los paneles internos de la carrocería no pueden ser reforzados, así como no se permite adicionar espuma de cualquier tipo. La carrocería puede ser limpiada en tu totalidad, pudiendo eliminarse complementos internos como faros, el tablero de mando, instrumentos, asientos de pasajeros, defensas, el cableado interno soportes y demás componentes que ya no sean necesarios en el habitáculo (Anexo J / Article 253, 2015).

La disposición de los faros delanteros dependerá de si la competición se desarrolla en montaña o en auto Cross, para montaña se mantendrán los faros delanteros y de manera obligatoria se deberán conservar los traseros. El en caso de auto Cross será imprescindible eliminar los faros delanteros y cumplir con lo establecido en el Artículo 20.8A por la F.I.A. para las luces posteriores. Para las aberturas que se presenten por el desmontaje de faros, luces o rejillas estas deberán ser tapadas por fibra de vidrio con un espesor máximo de 2mm, estas deben seguir la forma original (Anexo J / Article 253, 2015).

Para la parte de la fijación de la subestructura delantera que es conformada por suspensión y dirección, está permitido el recortar cualquier chapa, esto desde la separación del habitáculo de la mampara frontal, no se debe modificar el anclaje correspondiente al parabrisas. Ni tocar los elementos que estén asociados con esta sección. Está estipulado que debe tener la misma forma exterior de origen (Anexo J / Article 253, 2015).

Los puntos de anclaje forman parte de un punto esencial en la construcción de la estructura tubular, como mínimos los puntos de anclaje deben presentarse en el arco frontal, en los laterales, en el arco principal (intermedio) y para finalizar en el arco trasero de la estructura. Es permitido realizar modificaciones en el guarnecido original del vehículo esto claro sin que estas sean completas, se hace esto con el fin de conseguir un montaje apropiado de los puntos de anclaje a la estructura. Para estos puntos de anclaje será necesario incluir placas de refuerzo de un espesor mínimo de 3 mm. Estos refuerzos serán unidos al chasis empleando ya sean tornillos o en su defecto una placa de área mínima de 120 cm<sup>2</sup> que está soldada a la carrocería (Anexo J / Article 253, 2015).

Los tornillos que se deben emplear para estas uniones serán M8 de calidad ISO o superior, así mismo las tuercas deben ser autoblocantes o bien con arandelas de bloqueo; los tornillos deberán tener un ángulo de no inferior a 60°, este será medido entre el eje central del tubo al nivel del anclaje. Para la soldadura esta debe cubrir por completo el perímetro del tubo, cabe recalcar que la aparente buena apariencia final no asegura que la soldadura sea de calidad así también una soldadura con mal aspecto no será señal de estado óptimo. Para el supuesto de emplear aceros tratado térmicamente se deben considerar las instrucciones brindadas por el fabricante (empleo de soldadura especial, electrodos específicos, etc.) (Anexo J / Article 253, 2015).

### **Estructura de seguridad**

**Estructura multitubular.** La estructura tubular que será instalada en la cabina del vehículo apoyada sobre la carrocería tiene como finalidad el evitar la deformación de la carrocería de producirse un accidente (Anexo J / Article 253, 2015).

**Arco de seguridad.** Es el arco que se forma por tubos y tiene dos bases como anclaje (Anexo J / Article 253, 2015).

**Arco principal.** Estructura tubular construida de manera vertical, conformada por una sola pieza y está ubicada en el plano transversal al automóvil, está detrás de los asientos delanteros, el eje de este tubo estará contenido en un solo plano (Anexo J / Article 253, 2015).

**Arco delantero.** Esta estructura comparte similitud con el arco principal con la diferencia que este sigue los montantes y los bordes del parabrisas (Anexo J / Article 253, 2015).

### **Figura 4**

*Lineamientos de arco principal y delantero*

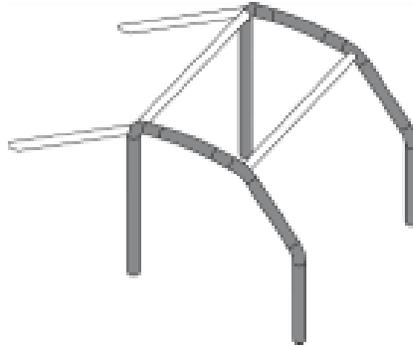


*Nota.* Representación de disposición de arco principal y delantero. Tomado de Anexo J / Article 253, (2015).

**Arco lateral.** Esta estructura puede ser de una sola pieza y está construida ya sea al lado izquierdo o derecho del automóvil, sigue el pilar frontal del montante del parabrisas y de los montantes traseros, se ubica detrás de los asientos (Anexo J / Article 253, 2015).

## Figura 5

### *Lineamiento de arcos laterales*



*Nota.* Representación de disposición de arcos laterales. Tomado de Anexo J / Article 253, (2015).

**Tirante longitudinal.** Es el tubo de una sola pieza que une las partes del superiores del arco principal con el arco delantero (Anexo J / Article 253, 2015).

**Tirante transversal.** Una sola pieza encargada de unir las partes superiores de los arcos o semiarcos laterales (Anexo J / Article 253, 2015).

**Refuerzo de la estructura.** Es un aditamento para la estructura de seguridad con el fin de mejorar su resistencia (Anexo J / Article 253, 2015).

**Pie de anclaje.** Es una placa(platina) que está soldada a la parte final del tubo que forma parte de la estructura, esto con el fin de permitir un mejor asentamiento sobre el chasis. Esta placa puede ser soldada o atornillada con pernos (Anexo J / Article 253, 2015).

**Placa de refuerzo.** Platina fijada a la carrocería o chases junto con el pie de anclaje esto para repartir la carga sobre los puntos de apoyo (Anexo J / Article 253, 2015).

### **Estructura básica**

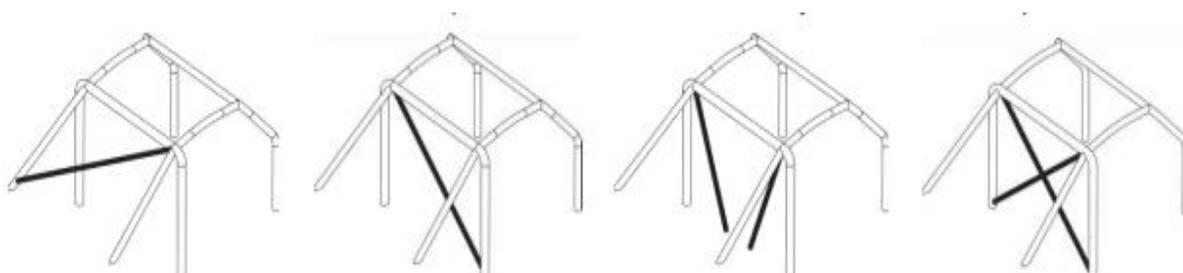
Por la norma establecida por la F.I.A. La estructura básica deberá tener como mínimo: 1 arco principal, 1 arco delantero, 2 miembros longitudinales, 2 tirantes traseros y por últimos 6 pies de anclaje (Anexo J / Article 253, 2015).

### **Refuerzos obligatorios**

**Tirante diagonal.** De manera determinante la estructura deberá contar con tirantes diagonales definidos en la Figura ... estos tendrán orientación diagonal y pueden ser invertidos. Estos miembros deben ser rectos y no desmontables. (Anexo J / Article 253, 2015)

### **Figura 6**

*Disposiciones posibles para la ubicación de tirantes diagonales*

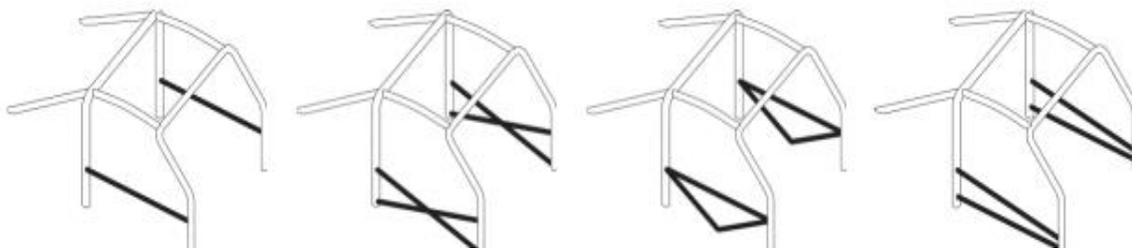


*Nota.* Representación de las representaciones posibles para la ubicación de los tirantes diagonales de apoyo. Tomado de Anexo J / Article 253, (2015).

**Barras de puertas.** Si las puertas cuentan con una protección en “x”, es aconsejable que los puntos de apoyo o de anclaje estén situados sobre los largueros longitudinales del chasis, así mismo una parte de esta “x” deberá ser una sola pieza (un solo tubo) (Anexo J / Article 253, 2015).

**Figura 7**

*Disposiciones disponibles para barras de las puertas*



*Nota.* Representación de disposición para las barras en las puertas del vehículo. Tomado de Anexo J / Article 253, (2015).

**Refuerzo dispuesto para techo.** Para vehículos cuyo diseño no contemple un copiloto se puede montar un solo refuerzo en el techo con su conexión principal situada en el lado del piloto (Anexo J / Article 253, 2015).

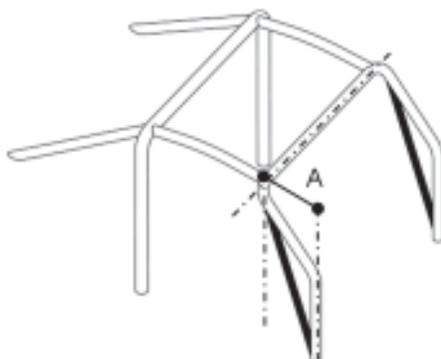
**Figura 8**

*Refuerzos del techo posibles*



*Nota.* Representación de disposiciones posibles para refuerzos del techo. Tomado de Anexo J / Article 253, (2015).

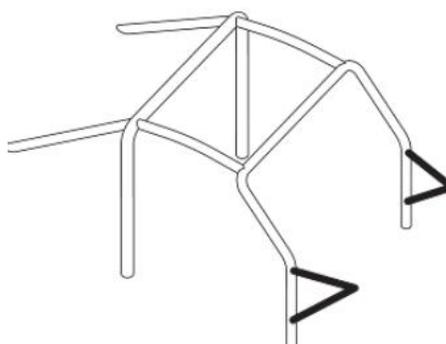
**Pilares para refuerzo de parabrisas.** Estos deberán estar montados a ambos lados del arco delantero esto claro si la dimensión "A" es mayor a 200mm (Anexo J / Article 253, 2015).

**Figura 9***Refuerzos para el parabrisas*

*Nota.* Representación de disposición de los refuerzos laterales para el parabrisas. Tomado de Anexo J / Article 253, (2015).

***Refuerzos y tirantes opcionales***

**Puntos de anclaje sobre suspensión delantera.** Estos puntos de refuerzo estarán conectados con los puntos de apoyo o de anclaje superiores de la parte delantera de la suspensión (Anexo J / Article 253, 2015).

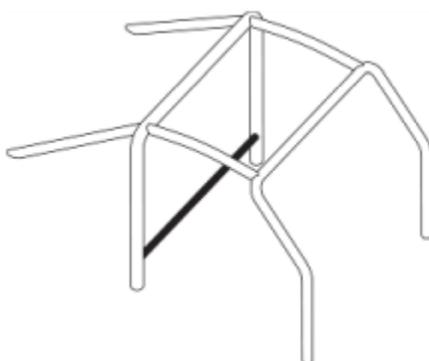
**Figura 10***Refuerzos opcionales sobre suspensión delantera*

*Nota.* Representación de posibles refuerzos sobre suspensión. Tomado de Anexo J / Article 253, (2015).

**Refuerzos transversales.** Estarán montados en el arco principal o en su defecto entre los tirantes posteriores, estos pueden ser utilizados como base para los arneses de seguridad. Se recalca que estos miembros transversales no deben interponerse en el espacio reservado para los ocupantes (Anexo J / Article 253, 2015).

**Figura 11**

*Refuerzos transversales*



*Nota.* Representación de disposición los refuerzos transversales. Tomado de Anexo J / Article 253, (2015).

**Configuración mínima de la estructura de seguridad.** A continuación, se muestra los requerimientos mínimos para la estructura de seguridad:

**Tabla 1**

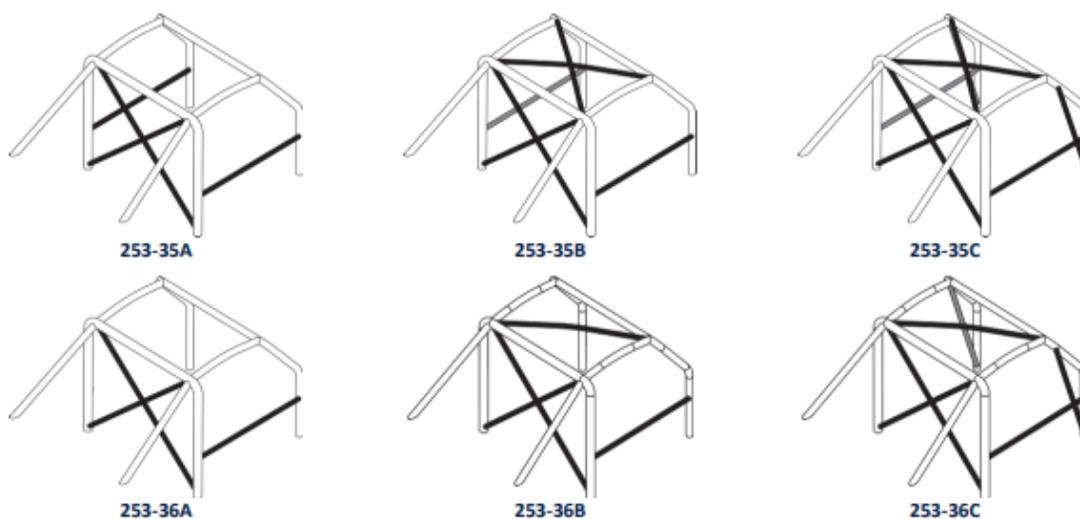
*Tabla de seguridad mínima para vehículos homologados a partir del 2002*

Vehículos homologados	Con piloto	Sin copiloto
Entre 01.01.2002 y 31.12.2004	Dibujo 253-35A	Dibujo 253-35A o simétrico
Entre 01.01.2005 y 31.12.2005	Dibujo 253-35B	Dibujo 253-36B o simétrico
A partir 01.01.2006	Dibujo 253-35C	Dibujo 253-36C o simétrico

*Nota.* La tabla muestra cómo debe estar formada como manera mínima las diferentes estructuras de seguridad en base a los vehículos seleccionados por sus años. Tomado de (Anexo J / Article 253, 2015).

**Figura 12**

*Estructuras mínimas de seguridad*



*Nota.* Configuraciones mínimas de seguridad. Tomado de Anexo J / Article 253, (2015).

### **Disposiciones complementarias**

Para la estructura de seguridad debe estar comprendida entre las bases de los elementos de suspensión, tanto delanteras como traseras, estos deberán soportar todas las cargas verticales.

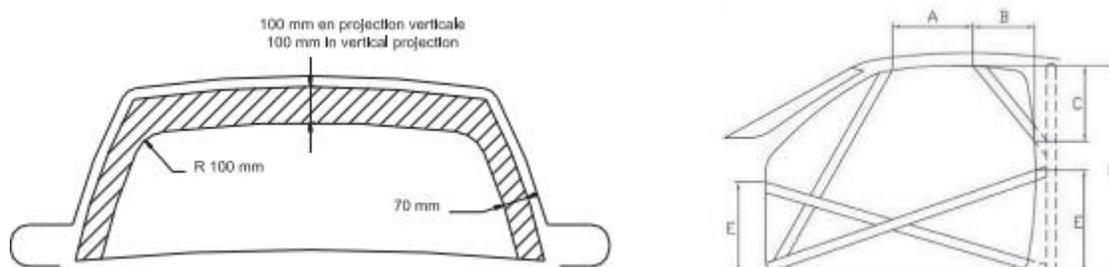
Estos elementos suplementarios están autorizados siempre que estén comprendidos entre los puntos base(anclaje) y la estructura de seguridad entre las barras estabilizadoras traseras de la estructura. Estos puntos de anclaje deberán estar unidos con la estructura de seguridad mediante un solo tubo de 30 x 1,5 mm (Anexo J / Article 253, 2015).

**Jaula mínima de seguridad para vehículos homologados.** La estructura de seguridad en la abertura de la puerta estará acorde a los criterios siguientes:

- Medida A no debe exceder un mínimo de 300 mm.
- Medida B no debe exceder un mínimo de 250 mm.
- Medida C no debe exceder un mínimo de 300 mm.
- Medida E no será superior a la de la mitad de la altura de la apertura de la puerta (H).

### **Figura 13**

*Estructura mínima de seguridad para vehículos a partir de 01/01/2001*



*Nota.* Esquema de medidas para estructura de seguridad mínima para vehículos del 2001 en adelante.

Tomado de Anexo J / Article 253, (2015).

### **Materiales especificados para diseño y construcción**

El anexo J de la FIA y la R.F.E.d.A da las características del perfil tubular que deberá ser empleado para construir las estructuras de seguridad, en este caso se debe emplear un acero al carbono no aleado estirado en frío, sin soldadura y con un contenido máximo de 0,3% de carbono, así mismo tendrá una resistencia mínima a la tracción de 350 N/mm<sup>2</sup>. El tubo entre sus propiedades principales debe tener una apropiada elongación y buena disponibilidad para la soldadura. Para curvar este tubo se debe seguir un proceso de curvatura en frío, en caso de el perfil presente ovalamiento durante su curvatura la relación del diámetro menor con el mayor no debe ser menor a 0,9 (Anexo J / Article 253, 2015).

Para el arco principal, arcos laterales y arcos traseros la medida mínima del tubo en milímetros será de 45 x 2.5 o 50 x 2.0. Para las demás de la estructura Roll Bar, como por ejemplo los semiarcos se empleará un tubo con medidas mínimas en milímetros de 38 x 2.5 o 40 x 2.0.(Anexo J / Article 253, 2015)

### **Ensayo para cargas dinámicas**

La R.F.E.d.A y la F.I.A no establecen alguna reglamentación de pruebas para la realización de ensayos dinámicos para las estructuras de seguridad, por lo que se procede a la investigación en la normativa euro NCAP (Programa europeo de evaluación de automóviles nuevos) que se basa en ensayos aplicados a diferentes impactos, dichos análisis son destinados para la seguridad pasiva de automóviles europeos multimarca en condiciones normales con el propósito de brindar seguridad a las empresas de fabricación de automóviles europeos (Euro NCAP, 2021).

**Figura 14***Impacto de barrera frontal*

*Nota.* Prueba de impacto realizada por la Euro NCAP. Tomado de Euro NCAP. (2021).

## **FEDAK**

La FEDAK actualmente es una organización estatal creada con el fin de regular, normar, controlar y sobre todo desarrollar la competición automovilística en el Ecuador, esta está afiliada con grupos dispersos en todo el Ecuador estos grupos abarcan todo tipo de modalidades como lo son: los Circuitos, Karting, Rally, competiciones de autos clásicos, competiciones 4x4 entre otras.

### ***Requerimiento de la FEDAK para categoría TC promocional***

Para esta competición el motor puede ser preparado sin mayor restricción siempre y cuando se respete la cilindrada de fábrica del vehículo. El grupo de tres cuartos del motor será de la misma fábrica de ensamble. En el aspecto de las Mesas para la carrocería éstas pueden ser reemplazadas siempre y cuando sean de un material ferroso, no se permite que estas mesas nuevas sean de materiales livianos como carbono, etc. esto se da por seguridad. Así mismo no se permite modificar la geometría de las suspensiones esto con el cambio del centro de su articulación o de sus elementos que estén relacionados con el chasis o porta – masa. (REGLAMENTO TÉCNICO CAMPEONATO NACIONAL DE CIRCUITOS 2022, 2022)

Se puede realizar una alineación del vehículo siempre y cuando la misma no incumpla con la geometría ya detallada. Para la carrocería en lo que refiere al depósito de combustible irá dentro de la cabina, será de un metal no metálico y estará aislado de una manera completa por cualquier material no inflamable, por tanto, tendrá un desfogue hacia la parte externa del auto. Las cañerías de lubricación, combustible y agua en caso de pasar por la cabina estarán canalizadas de una manera óptima cerciorando su buen estado. No deberán presentar fugas y están sujetos a la carrocería con broches o abrazaderas. (REGLAMENTO TÉCNICO CAMPEONATO NACIONAL DE CIRCUITOS 2022, 2022)

## Capítulo III

### Diseño

#### Diseño del chasis tubular

Para diseñar y realizar la fabricación del chasis tubular es de vital importancia tomar en cuenta los numerosos factores que pueden llegar a influir en la estabilidad de los elementos estructurales que van a componer el chasis tubular. Este proyecto está direccionado al análisis de un estudio lineal estático para establecer los puntos más críticos de la estructura al ser sometida a cargas estáticas basadas en la reglamentación técnica del diseño de una estructura de seguridad.

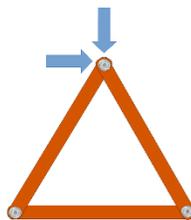
Para dar inicio el proceso de diseño del chasis tubular se toma como referencia el reglamento de la Real Federación Española de Automovilismo R.F.E.d.A, por ello apoyados del software Solid Works se realizará la fase de modelado del chasis, posteriormente se determinan las cargas máximas que debe llegar a soportar la estructura.

#### *Triangularización*

El triángulo es el único polígono que al estar aplicando una fuerza externa sobre él no se deforma, debido a que dicha fuerza al ser de compresión aplicada a cualquiera de los vértices que conforma dicho polígono involuntariamente los otros dos elementos quedan sometidos a esta fuerza de compresión mientras que el elemento faltante quedara sujeto bajo una carga de tracción.

#### Figura 15

#### *Triangulación*



*Nota.* La figura representa la forma en que las fuerzas de compresión se distribuyen en toda la estructura. Tomado de Torres Búa, M. (2014, April 30).

## **Desarrollo de las fases de diseño**

### ***Diseño conceptual***

El diseño de la estructura estará definido considerando lo establecido por la reglamentación de la R.F.E.d.A. a partir del anexo J – Artículo 253-8.2. La estructura tubular a ser instalada en el habitáculo sobre la carrocería deberá evitar las posibles deformaciones en caso de un siniestro, esto para proteger la vida e integridad del piloto.

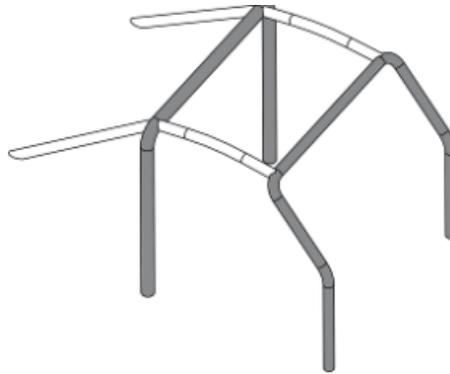
### ***Estructura básica***

De acuerdo a la reglamentación la estructura básica que se escogió se compone de la siguiente manera:

- Un arco principal.
- Un arco delantero.
- Dos miembros longitudinales
- Dos tirantes traseros.
- Seis pies de anclaje.

**Figura 16**

*Definición posible de estructura básica*



*Nota.* Posible configuración de estructura básica de seguridad para caja de seguridad. Tomado de Anexo J / Article 253, (2015).

***Tirantes y refuerzos obligatorios a implementar***

En el apartado del tirante diagonal se eligió la siguiente disposición para el presente trabajo

**Figura 17**

*Selección de disposición de tirante diagonal*

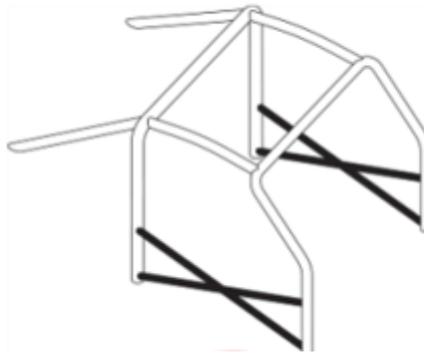


*Nota.* Esta disposición será la implementada al diseño de la estructura de seguridad. Tomado de Anexo J / Article 253, (2015).

Referente a las barras de puertas es un refuerzo obligatorio, por lo que va ser aplicado de manera idéntica en ambos lados. Además de tener en cuenta que al menos una parte de la X sea una barra completa

### **Figura 18**

*Disposición elegida para refuerzo de las puertas*



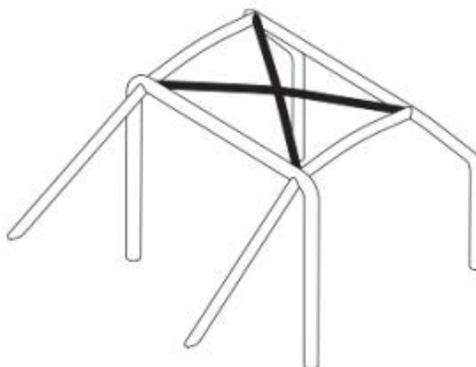
*Nota.* Esta disposición será la implementada al diseño de la estructura de seguridad. Tomado de Anexo J / Article 253, (2015).

### ***Elementos de refuerzo de techo a implementar***

Para el refuerzo de techo debemos considerar que nuestro vehículo se usara para competiciones sin copiloto por lo que se hizo la siguiente elección lo cual solo se considerar un único refuerzo y su posterior sujeción en el lado del piloto.

**Figura 19**

*Configuración seleccionada para el refuerzo en el techo de la estructura*



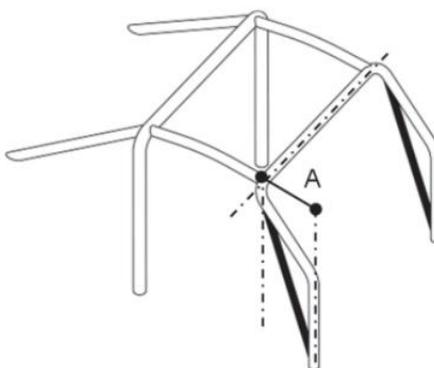
*Nota.* Esta disposición será la implementada al diseño de la estructura de seguridad. Tomado de Anexo J / Article 253, (2015).

***Pilar de refuerzo del parabrisas a implementar***

Se considera que va estar montado a cada extremo del arco frontal considerando de la dimensión A debe ser superior a los 200 mm.

**Figura 20**

*Refuerzo para parabrisas seleccionado*



*Nota.* Esta disposición será la implementada al diseño de la estructura de seguridad. Tomado de Anexo J / Article 253, (2015).

***Puntos de anclaje sobre la suspensión delantera a implementar***

Este refuerzo estará conectado a la suspensión delantera, debido a que se trabajará sobre el ángulo de giro y se necesitará un soporte estable y estructura resistente.

**Figura 21**

*Selección de anclaje para estructura de seguridad*



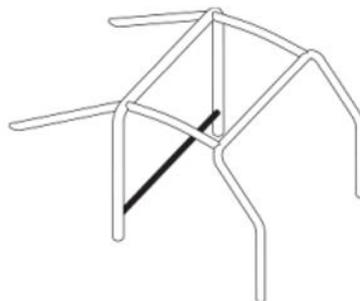
*Nota.* Esta disposición será la implementada al diseño de la estructura de seguridad. Tomado de Anexo J / Article 253, (2015).

***Miembros transversales a implementar***

Para la implementación de un miembro estructural se ha considerado que debe ir montado sobre el arco principal.

**Figura 22**

*Miembro transversal*



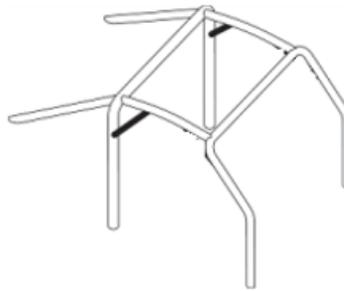
*Nota.* Esta disposición será la implementada al diseño de la estructura de seguridad. Tomado de Anexo J / Article 253, (2015).

### ***Refuerzos de ángulos o uniones a implementar***

Para este refuerzo se ha considerado que el espesor no deber ser menor de 1 mm.

### **Figura 23**

*Refuerzo a implementar en ángulos o uniones*



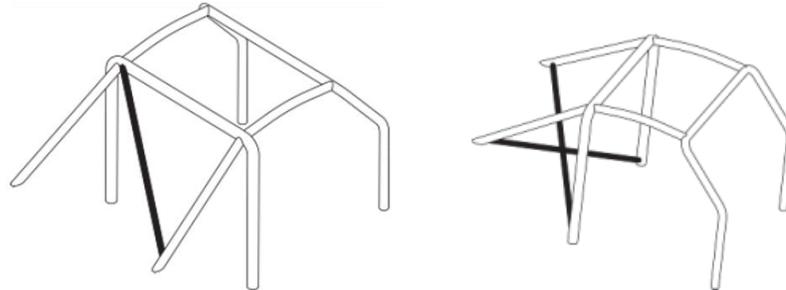
*Nota.* Esta disposición será la implementada al diseño de la estructura de seguridad. Tomado de Anexo J / Article 253, (2015).

### ***Diagonales de los tirantes traseros a implementar***

Se consideró los siguientes refuerzos en la parte posterior del vehículo además de tener en cuenta que va estar conectado a la suspensión trasera.

**Figura 24**

*Tirantes traseros seleccionados para implementar en el diseño*



*Nota.* Esta disposición será la implementada al diseño de la estructura de seguridad. Tomado de Anexo J / Article 253, (2015).

### ***Mediciones principales del vehículo***

Lo más importante a la hora de realizar nuestro diseño del chasis es tomar las medidas principales de los anclajes mismos que serán implementados en el chasis. Para esto se tomaron medidas reales del vehículo Suzuki Forza G10:

- Distancia torres posteriores: 90 cm
- Distancia torres delanteras: 97 cm
- Distancia torre delantera-torre posterior: 225 cm
- Altura del vehículo (piso-techo): 110 cm

**Figura 25**

*Mediciones iniciales reales del vehículo*



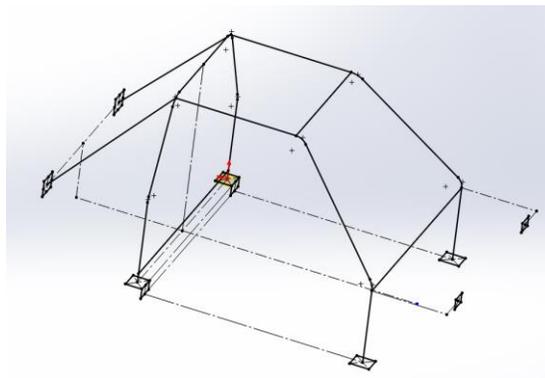
*Nota.* Se toman medidas iniciales de todo el conjunto.

### ***Boceto del chasis***

El diseño de la estructura comienza generando un boceto básico considerando las distancias registradas anteriormente y dibujando bases de referencia las cuales son las torres de suspensión tanto delanteras como traseras, arco principal y parte delantera.

**Figura 26**

*Boceto inicial*

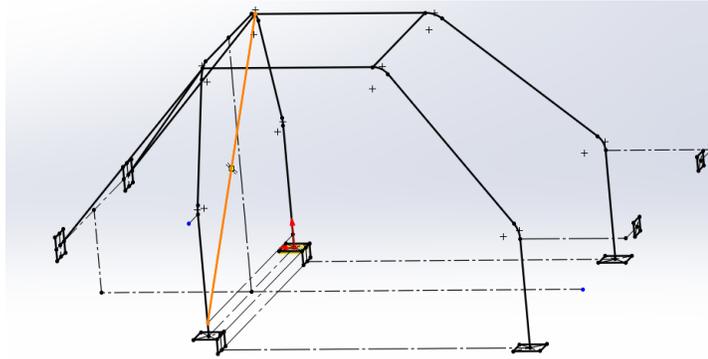


*Nota.* Se representan las bases de referencia.

A Continuamos con la implementación del tirante diagonal

**Figura 27**

*Implementación de tirante diagonal*

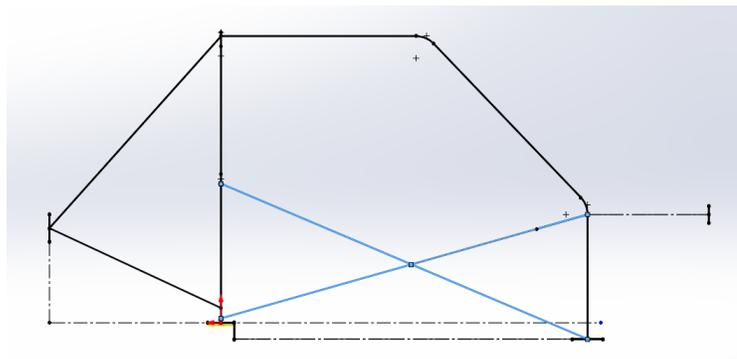


*Nota.* El tirante diagonal está implementado acorde al reglamento de Real academia de automovilismode España.

Posteriormentese dibujan las barras de puertas en "X"

**Figura 28**

*Refuerzo en X para puertas*

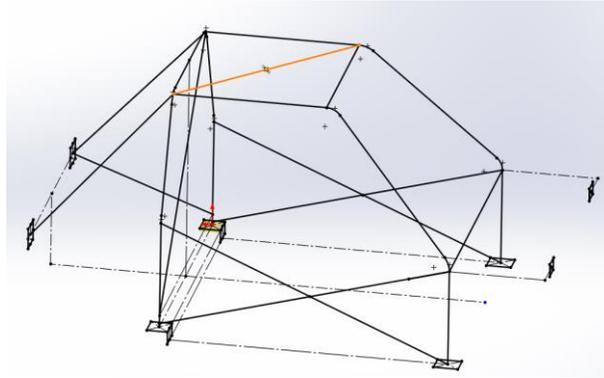


*Nota.* Los refuerzos en X están implementados acorde al reglamento de Real academia de automovilismode España.

Se implementa el refuerzo en el techo

**Figura 29**

*Refuerzo del techo*

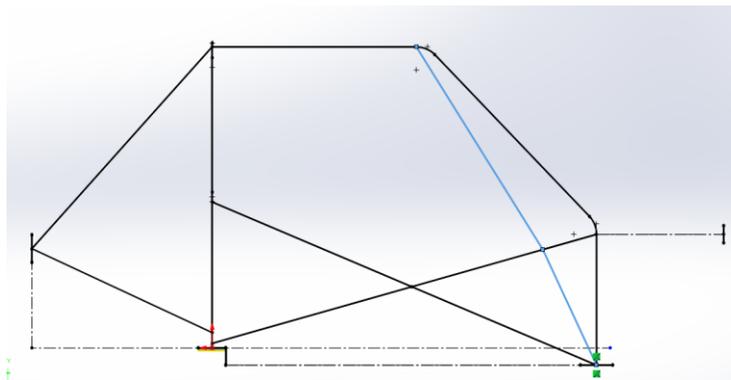


*Nota.* El refuerzo en el techo está implementado acorde al reglamento de Real academia de automovilismo de España.

Seguidamente se implementa el refuerzo del parabrisas

**Figura 30**

*Refuerzo parabrisas*

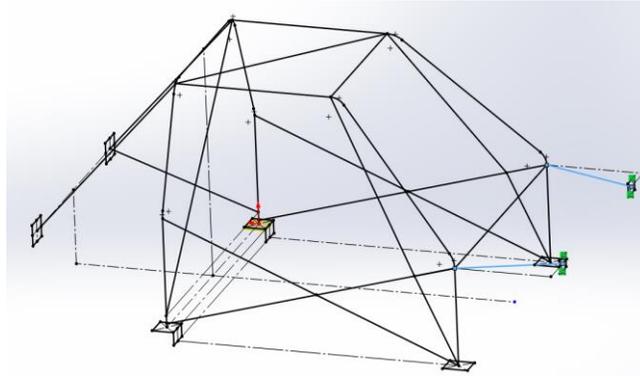


*Nota.* El refuerzo del parabrisas está implementado acorde al reglamento de Real academia de automovilismo de España.

Se implementan los puntos de anclaje sobre la suspensión delantera

**Figura 31**

*Puntos de anclaje en suspensión delantera*

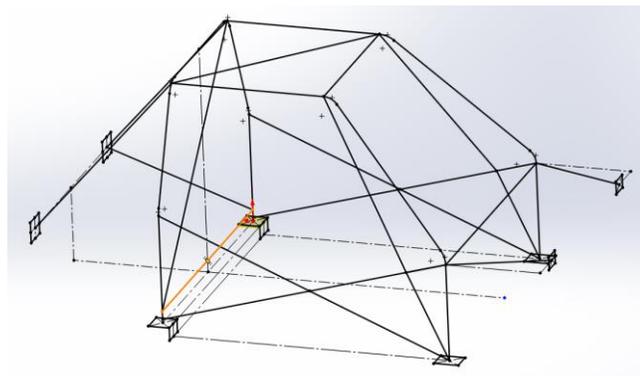


*Nota.* Los puntos de anclaje están implementado acorde al reglamento de Real academia de automovilismode España.

Se implementan refuerzos en la estrcutura, para este caso la barra fija que une el arco principal.

**Figura 32**

*Miembro estructural*

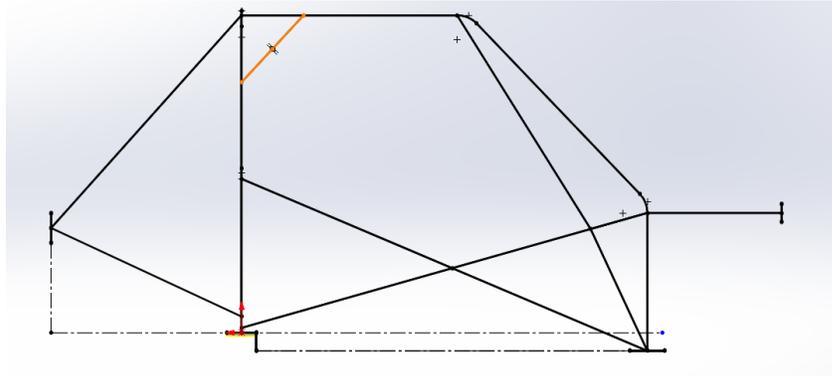


*Nota.* Miembro estructural está implementado acorde al reglamento de Real academia de automovilismode España.

Se implementan las uniones de refuerzo entre los ángulos

**Figura 33**

*Uniones de refuerzo para ángulos*

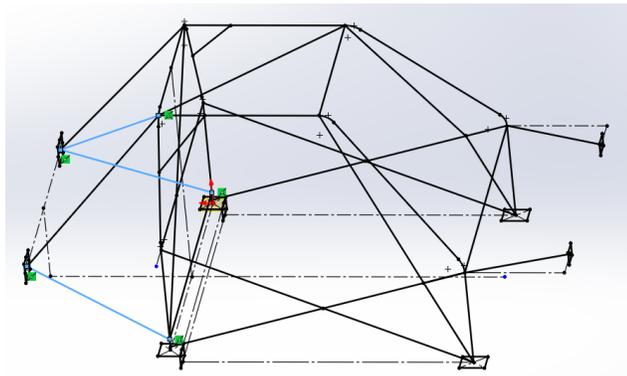


*Nota.* Los refuerzo para ángulos están implementados acorde al reglamento de Real academia de automovilismode España.

Para finalizar se agregan los refuerzos diagonales traseros.

**Figura 34**

*Tirantes traseros*

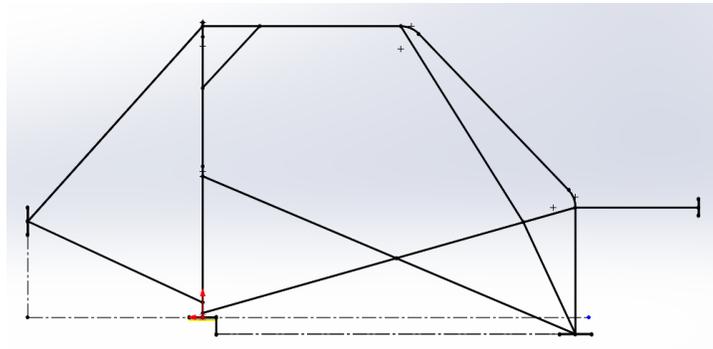


*Nota.* Los tirantes traseros están implementados acorde al reglamento de Real academia de automovilismode España.

A continuación, se presenta el diseño en diferentes vistas para mayor apreciación los cuales dará una mejor idea del diseño propuesto de la estructura.

**Figura 35**

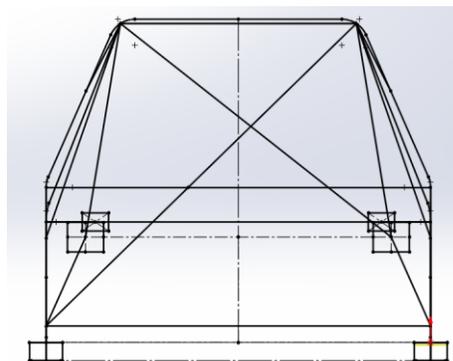
*Vista lateral de la estructura*



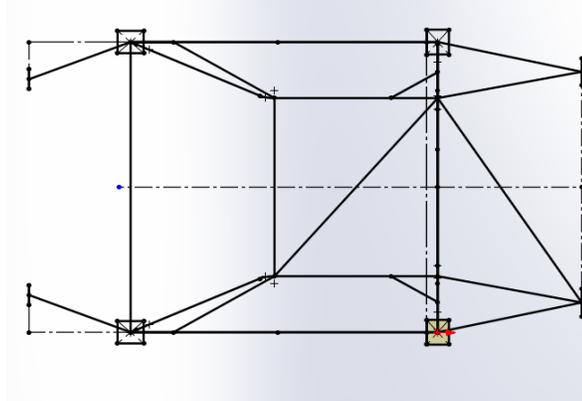
*Nota.* La vista lateral se presenta para mejor entendimiento de la estructura final.

**Figura 36**

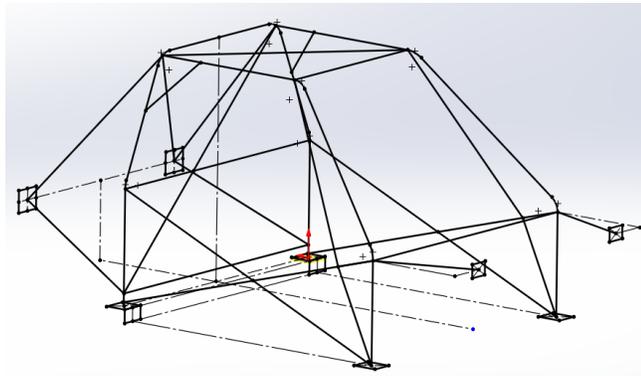
*Vista frontal*



*Nota.* La vista frontal se presenta para mejor entendimiento de la estructura final.

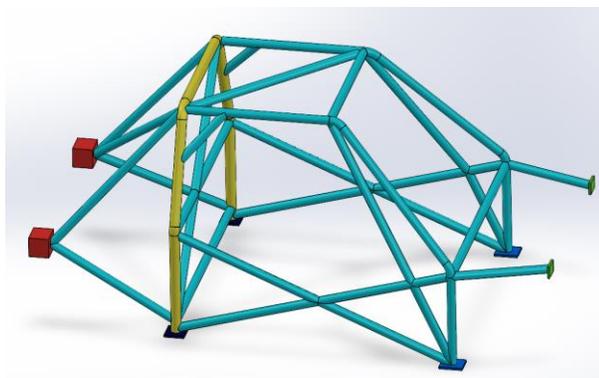
**Figura 37***Vista superior*

*Nota.* La vista superior se presenta para mejor entendimiento de la estructura final.

**Figura 38***Vista isométrica*

*Nota.* La vista isométrica se presenta para mejor entendimiento de la estructura final.

Finalizado el modelado en 3D se definen el tipo de perfil y sus respectivas dimensiones de cada uno de los elementos que conforma la estructura, teniendo en cuenta el reglamento establecido por la R.F.E.d.A. En la Figura 19 Chasis tubular se presenta el diseño final, para diferenciar cada elemento de la estructura se ha designado colores de identificación descritos en la tabla .....

**Figura 39***Diseño de estructura tubular*

*Nota.* La estructura se presenta ya implementado el material en el software de diseño.

**Tabla 2***Medidas perfil tubular*

<i>Color</i>	<i>Diámetro / espesor (mm)</i>	<i>Perfil tubular</i>
<i>Amarillo</i>	<i>45 x 2.5</i>	<i>Redondo</i>
<i>Turquesa</i>	<i>38 x 2.5</i>	<i>Redondo</i>

*Nota.* La tabla establece los valores en mm seleccionados para el material.

También se detalla las dimensiones de las bases

**Tabla 3**

*Dimensiones de soportes de las bases*

Color	Dimensiones cm
Rojo	11 x 9 x 9
Negro	10 x 9 x 5,5
Azul	10,5 x 9 x 1
Verde	8 x 5,5 x 1

*Nota.* La tabla establece los valores en cm seleccionados para el material de las bases.

## Capítulo IV:

### Análisis de la estructura

#### Método de elementos finitos (MEF)

El análisis por el método MEF numérico se basa en la ejecución del comportamiento ya sea deformaciones o desplazamientos de un producto u objeto, ante las diversas variables existentes en el mundo real tales como la fuerza, temperatura, etc., con aplicación de criterios de resistencia, rigidez o fatiga.

Dicho método consiste en que la geometría va estar sometida a cargas y restricciones las cuales son difíciles de resolver por lo que se subdivide en partes más pequeñas llamada elementos por lo que lo convierte en problemas más simples el cual permite resolver el problema con mayor eficiencia.

La conexión de los elementos finitos de los nodos o puntos nodales se suele llamar malla y la precisión depende de la cantidad de nodos, tamaño y elementos por lo que será más preciso dependiendo de su configuración.

#### ***Ensayos establecidos por la norma***

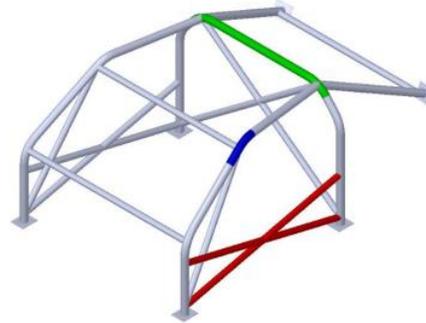
La normativa de la real federación española de automovilismo menciona que para realizar la homologación de una estructura antivuelco se debe presentar un estudio de resistencia de materiales validado por un técnico calificado (Anexo J / Article 253, 2015).

La estructura cumpla los siguientes puntos:

- Carga vertical 7.5 P
- Carga frontal 3.5 P
- Carga lateral 3.5 P

**Figura 40**

*Aplicación de cargas según la reglamentación*

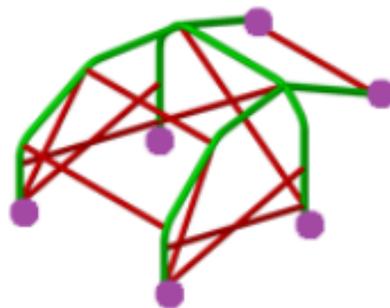


*Nota.* Elementos sobre los cuales se hará la aplicación de cargas.

El peso del vehículo se compone por la masa del vehículo en Kilogramos más 150 Kg lo que para dar por validada la estructura se debe utilizar el criterio de aceptación en desplazamientos establecido por la misma reglamentación, por lo que al momento de la aplicación del 100% de carga no debe existir desplazamiento debido a que no se encontrara en los rangos establecidos dicho valor no debe ser superior a 50 mm en cualquier de los ensayos solicitados. Además, se debe considerar la restricción de la estructura en los diferentes grados de libertad los cuales se llega a fijar el chasis.

**Figura 41**

*Restricción de movimiento en la estructura*



*Nota.* La restricción de movimiento está en los seis puntos de apoyo de la estructura.

Por ende, el peso del vehículo que se tomó para realizar el estudio es el inicial de 640 Kg, pero se considera que dicho valor puede variar debido a la remoción de los asientos, tableros, llanta de repuesto, y considerar el peso extra que comprende el tubo que se va aplicar. Con ello el peso para realizar el análisis es el siguiente:

$$P = \text{masa del vehículo} + 150 \text{ Kg}$$

$$P = 640 \text{ Kg} + 150 \text{ Kg}$$

$$P = 790 \text{ Kg} * 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$P = 7742 \text{ N}$$

### ***Criterio de Von Mises***

Para la comprobar que la estructura soportara las distintas cargas que se aplicaran se utiliza el criterio de Von Mises, esto debido a que este método es un buen indicativo para determinar la posible falla en materiales dúctiles, y lo realiza mediante la comparación de esfuerzos que se producen en el momento que se realiza el ensayo de tracción lo que ayudara a determinar el momento en que el material llegara alcanzar su rotura.

### ***Material aplicado a la estructura***

Según la reglamentación técnica en el anexo J – Artículo 253-8.3.3 el tipo de material debe ser un tubo de sección circular, acero al carbono no aleado conformado en frio sin soldadura, con contenido máximo del 0.3 % de carbono con una resistencia mínima a la tracción de 350 N/mm<sup>2</sup> por lo que se evaluó los parámetros y se decidió optar por un acero ASTM A913 el cual es un acero de alta resistencia y baja aleación, de calidad estructural.

A continuación, se detalla las propiedades físicas del material:

**Tabla 4***Propiedades del material*

Propiedad	Valor
Módulo de Young	200 GPa
Esfuerzo de cedencia	485MPa
Esfuerzo ultimo de tracción	620 MPa
Coefficiente de Poisson	0.30
Densidad	7.85 g/cm <sup>3</sup>
Contenido máximo Carbono	0.12%

*Nota.* Los datos referente al material serán necesario para las simulaciones. Tomado de Normas y características a las que se sujetan los aceros fabricados por Altos Hornos de México, 22 31 (2004).

***Análisis lateral de la estructura***

Para iniciar este análisis debemos contemplar la carga que se va a colocar en la parte lateral ya sea en la parte derecha o izquierda, según la reglamentación la carga máxima que debe soporta la estructura es 3.5 veces el peso del automóvil:

$$\text{Carga análisis lateral} = 3.5P$$

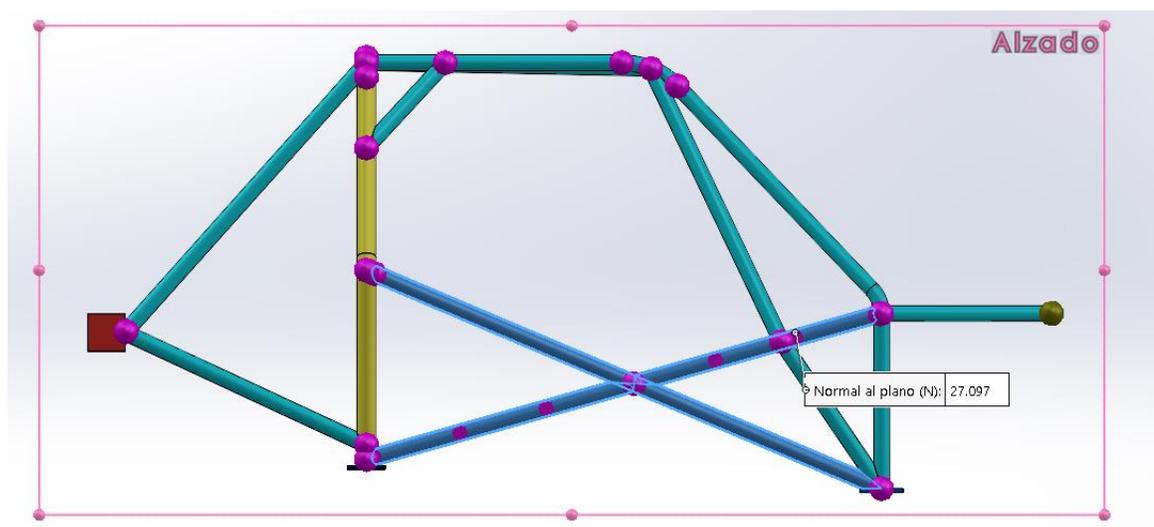
$$\text{Carga análisis lateral} = 3.5 (7742 \text{ N})$$

$$\text{Carga análisis lateral} = \mathbf{27097 \text{ N}}$$

## Aplicación de carga y restricciones

Figura 42

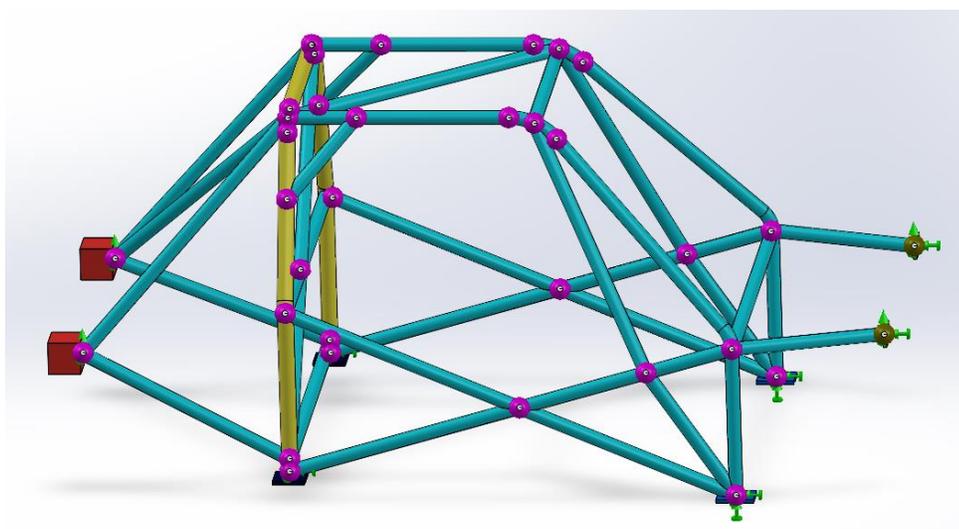
*Aplicación de cargas laterales para simulación*



*Nota.* Las cargas laterales están aplicadas en toda la sección lateral del diseño propuesto.

Figura 43

*Restricción total de la estructura*

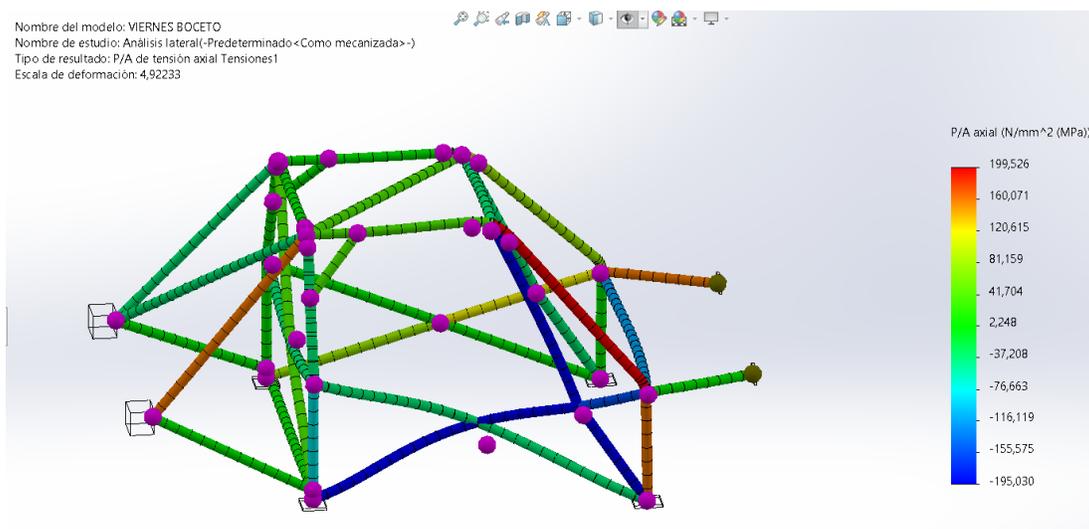


*Nota.* La estructura está restringida para la simulación.

## Máximo esfuerzo

Figura 44

*Máximo esfuerzo con carga lateral aplicada*



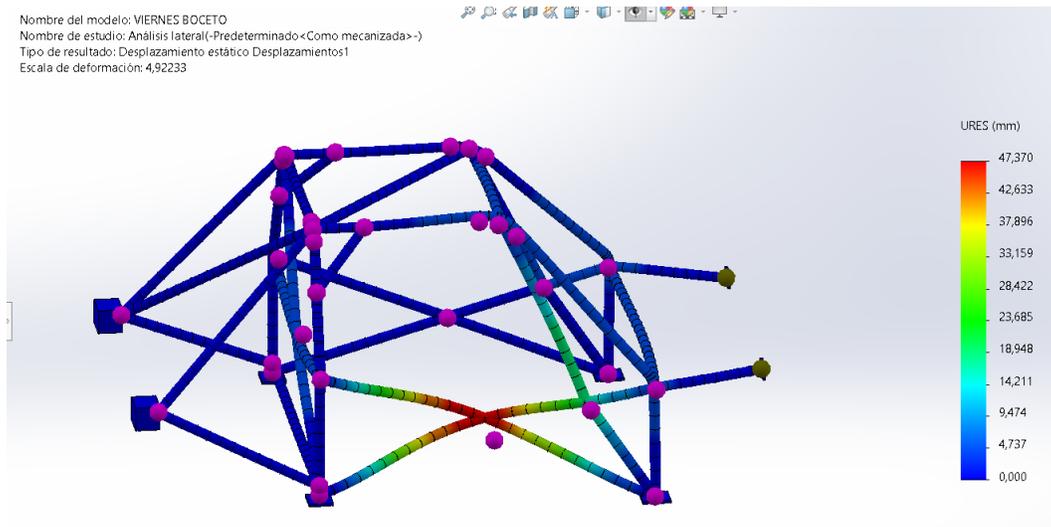
*Nota.* Resultados obtenidos en la simulación aplicando una carga vertical.

En la Figura 43 el esfuerzo máximo o permisible que va llegar a soportar la estructura de seguridad en el ensayo lateral es de 199,526 MPa, dicho valor no excede el límite de cedencia del material elegido dado que su valor es de 485 MPa por lo que se afirmar que se encuentra dentro de los parámetros establecidos.

## Desplazamientos

**Figura 45**

### *Desplazamiento lateral de la estructura*



*Nota.* Resultados obtenidos en la simulación aplicando una carga lateral.

En la Figura 44 se tiene que al aplicar la fuerza del ensayo lateral existirá una deformación de 47.370 mm, dicho valor no se encuentra por debajo de los 50 mm que establece la reglamentación por ende el criterio de desplazamiento queda dentro de los parámetros, esto da por válida la estructura.

### Factor de seguridad

$$F.S = \frac{\text{Esfuerzo material}}{\text{Esfuerzo del diseño}}$$

$$F.S = \frac{485}{199,526}$$

$$F.S = 2.43$$

### **Análisis Vertical de la estructura**

Para este análisis debemos contemplar la carga que se va a colocar en la parte vertical en la parte superior del vehículo, según la reglamentación la carga máxima que debe soportar la estructura es 7.5 veces el peso del vehículo:

Carga análisis lateral = 7.5P

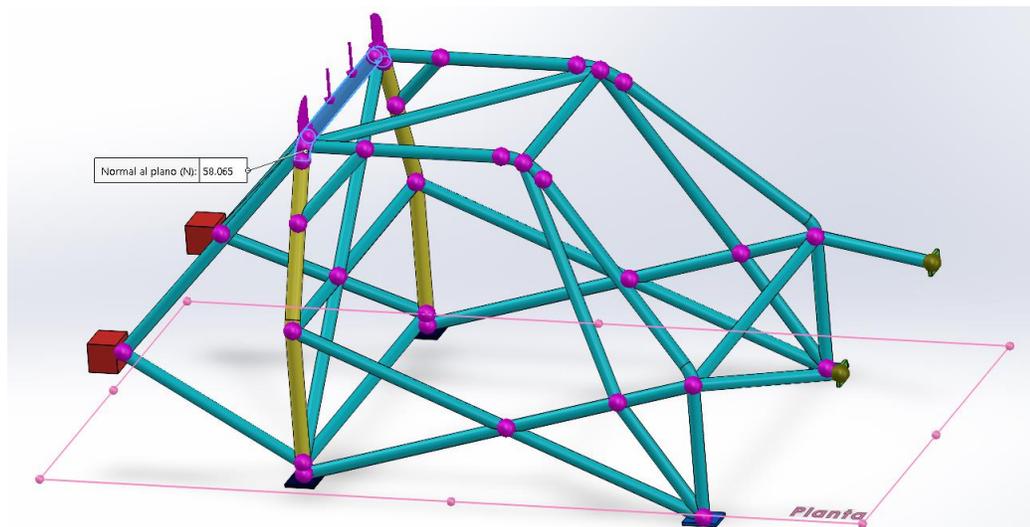
Carga análisis lateral = 7.5 (7742 N)

Carga análisis lateral = 58065 N

### **Aplicación de carga y restricciones**

**Figura 46**

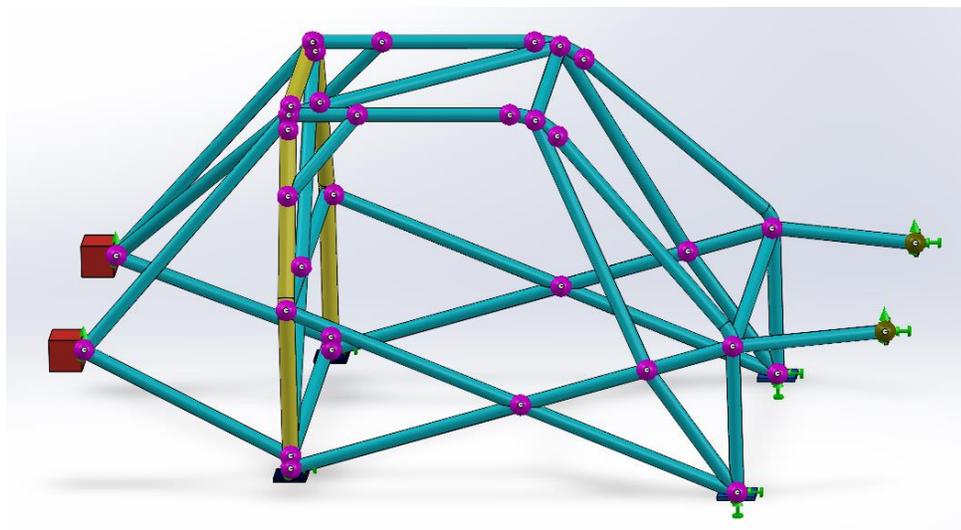
*Aplicación de carga vertical a la estructura*



*Nota.* Aplicación de cargas verticales a la estructura para análisis.

**Figura 47**

*Restricción de estructura para análisis*

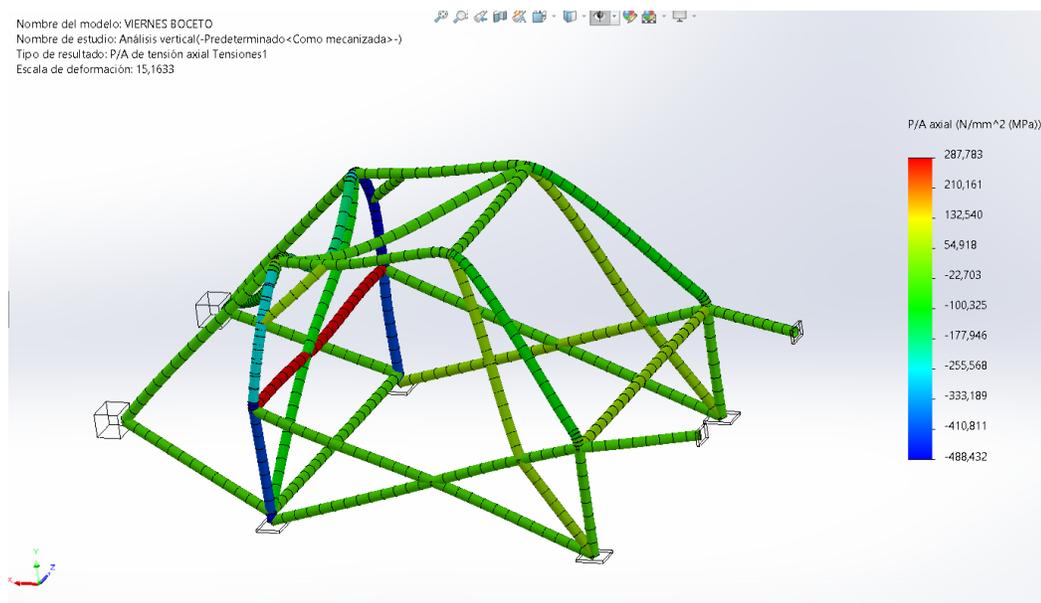


*Nota.* Restricción para análisis de cargas verticales.

### Máximo esfuerzo

**Figura 48**

*Máximo esfuerzo con carga frontal aplicada*



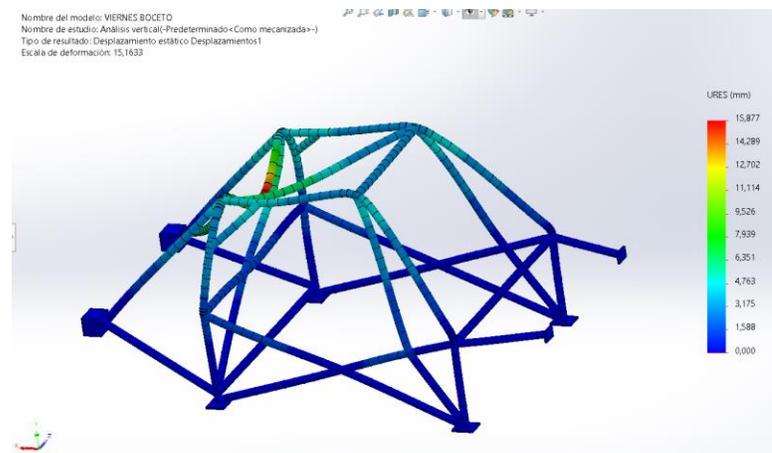
*Nota.* Resultados obtenidos referentes a máximo esfuerzo aplicando una carga frontal.

En la Figura 47 el esfuerzo máximo o permisible que va llegar a soportar la estructura verticalmente es de 287.783 MPa, dicho valor no excede el límite de cedencia del material elegido dado que su valor es de 485 MPa por ello se puede afirmar que se encuentra dentro de los parámetros establecidos.

### Desplazamientos

#### Figura 49

##### *Desplazamiento vertical de la estructura*



*Nota.* Resultado de análisis de desplazamiento vertical de la estructura.

En la Figura 48 se observa que al aplicar la fuerza del ensayo lateral existirá una deformación de 15.877 mm, dicho valor se encuentra sin exceder el límite de 50 mm que establece la reglamentación por ende el criterio de desplazamiento queda dentro de los parámetros y dando por válida la estructura.

### Factor de seguridad

$$F.S = \frac{\text{Esfuerzo material}}{\text{Esfuerzo del diseño}}$$

$$F.S = \frac{485}{287.783}$$

$$F.S = 1.685$$

### Análisis Frontal de la estructura

Para este análisis se contempla la carga que se va a colocar en la parte vertical en la parte frontal de la estructura, según la reglamentación la carga máxima que debe soportar la estructura es 3.5 veces el peso del vehículo.

Carga análisis lateral = 3.5P

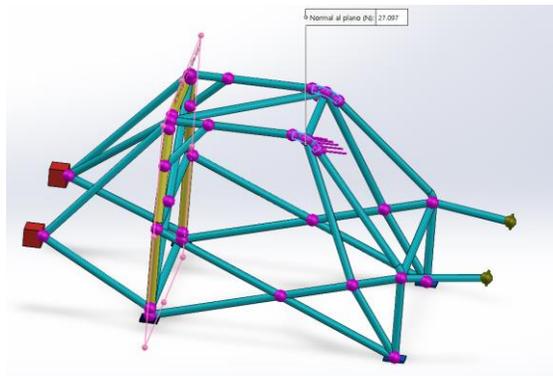
Carga análisis lateral = 3.5 (7742 N)

Carga análisis lateral = 27097 N

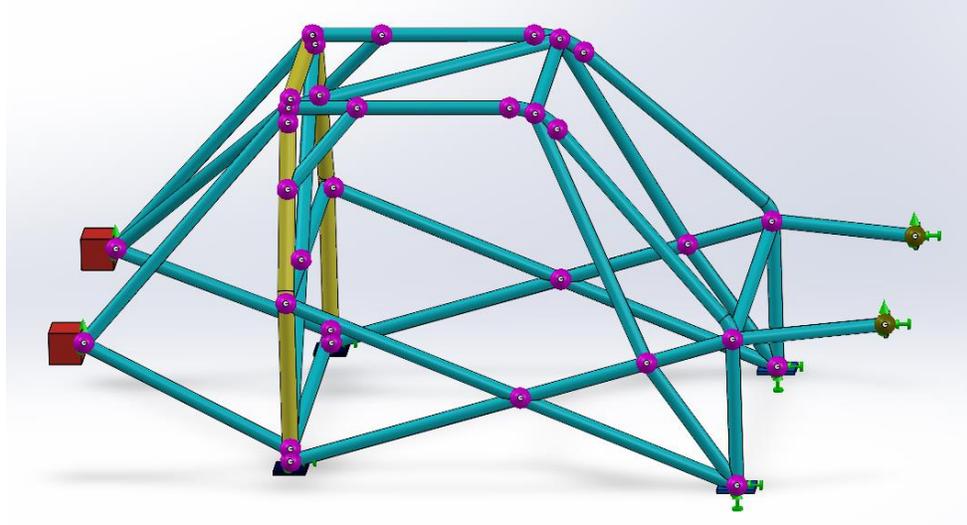
### Aplicación de carga y restricciones

#### Figura 50

*Aplicación de carga frontal*

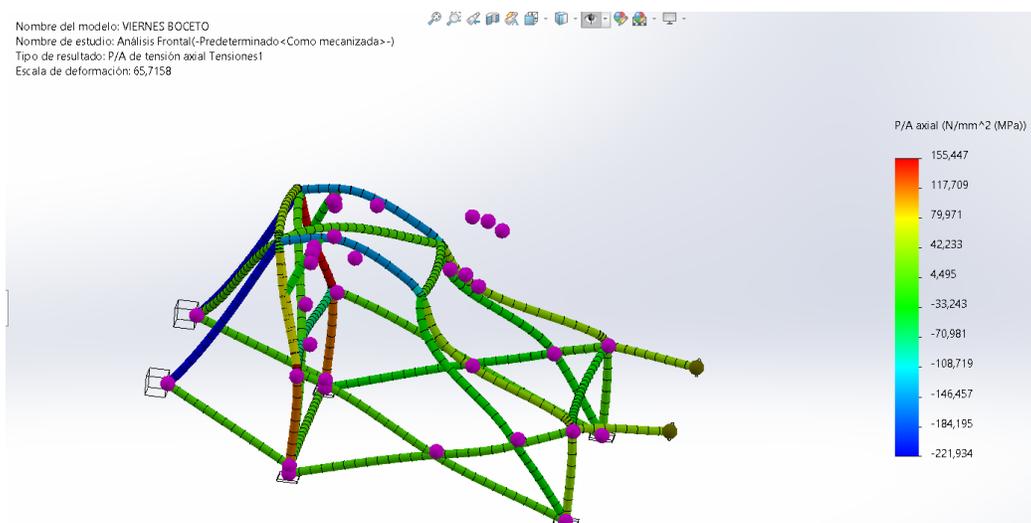


*Nota.* Aplicación de carga frontal para simulación.

**Figura 51***Restricción de estructura para simulación*

*Nota.* Aplicación de restricciones para simulación de carga frontal.

### Máximo esfuerzo

**Figura 52***Máximo esfuerzo obtenido en simulación*

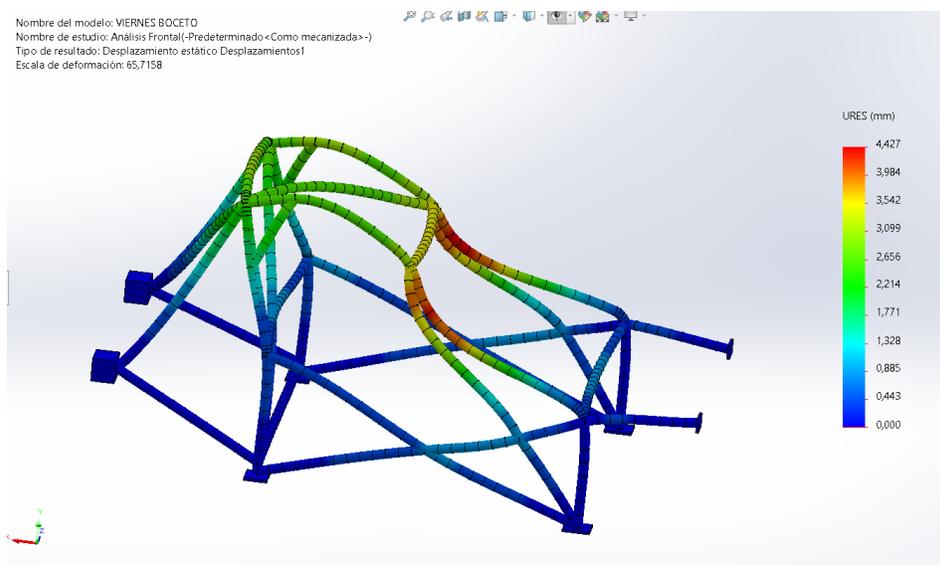
*Nota.* Resultado de análisis de desplazamiento frontal de la estructura.

En la Figura 51 se observa que el esfuerzo máximo o permisible que va llegar a soportar la estructura frontalmente es de 155,447 MPa, dicho valor no excede el límite de cedencia del material elegido dado que su valor es de 485 MPa por ello se afirma que se encuentre dentro de los parámetros establecidos.

### Desplazamiento

#### Figura 53

*Resultado de análisis de desplazamiento de parte frontal de la estructura*



*Nota.* Resultado de análisis de desplazamiento vertical de la estructura.

En la Figura 52 se observa que al aplicar la fuerza del ensayo lateral existirá una deformación de 4,427 mm, dicho valor no excede el límite de los 50 mm que establece la reglamentación por ende el criterio de desplazamiento queda dentro de los parámetros y dando por válida la estructura.

## Factor de seguridad

$$F.S = \frac{\text{Esfuerzo material}}{\text{Esfuerzo del diseño}}$$

$$F.S = \frac{485}{155,447}$$

$$F.S = 3.12$$

### Factores dinámicos

**Impacto frontal.** Los parámetros dinámicos que influyen en un estudio dinámico regidos en las normativas estándar de la Euro NCAP en la parte frontal del vehículo.(LUKEI, 2013)

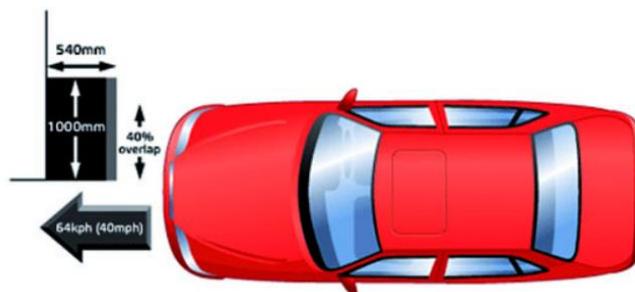
Se consideran son los siguientes parámetros:

**Tabla 5**

*Factores dinámicos de impacto frontal*

Parámetro	Valor
Peso del objeto, masa deformable	950 kg
Velocidad	64 km/h que es igual a 17.77 m/s.
Dimensiones del objeto, masa deformable	1000 mm altura y 540 mm de largo
Solape (sin incluir retrovisores)	40 %

*Nota.* Factores dinámicos de un impacto frontal. Tomado de LUKEI 2021. (2013).

**Figura 54***Impacto frontal*

*Nota.* Tomado de LUKEI 2021. (2013).

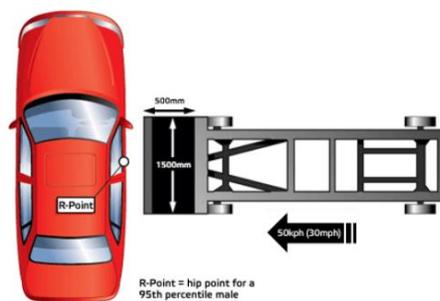
**Impacto lateral.** De igual manera los parámetros dinámicos que influyen en un estudio dinámico regidos en las normativas estándar de la Euro NCAP. (LUKEI, 2013)

En la parte lateral del vehículo que debemos considerar son los siguientes parámetros:

**Tabla 6***Factores dinámicos impacto lateral*

Parámetro	Valor
Peso del objeto, masa deformable	950 kg
Velocidad	50 km/h que es igual a 13.88 m/s.
Dimensiones del objeto, masa deformable	1500 mm altura y 500 mm de largo

*Nota.* Tomado de LUKEI 2021. (2013).

**Figura 55***Impacto lateral*

*Nota.* Se delimita como se lleva a cabo una prueba de vuelco. Tomado de LUKEI 2021. (2013).

Por otro lado debido a que Euro NCAP no realiza las pruebas de vuelco frente a un posible accidente los parámetros dinámicos que influyen en un estudio dinámico. (Cárdenas, 2015)

Para el desarrollo de la misma a considerar son los siguientes:

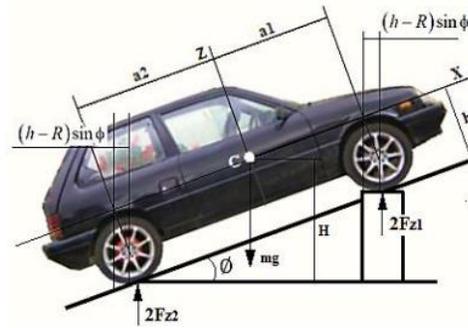
**Tabla 7***Parámetros prueba de vuelco*

Parámetro	Unidad
Fuerzas ejercidas por la masa del vehículo en los ejes delanteras y traseros	N
Masa del vehículo	Kg
Centro de gravedad (coordenadas)	m
Altura del centro de gravedad	m
Radio de la rueda	m
Angulo formado por el eje longitudinal del vehículo y la pista	°
Dimensiones principales del vehículo	m

*Nota.* Tomado de Cárdenas, L. (2015).

**Figura 56**

*Fuerzas que se presentan en caso de vuelco*



*Nota.* Tomado de Cárdenas, L. (2015).

## Capítulo V

### Construcción chasis tubular

#### Selección de material

Como se establece el reglamento de la F.I.A, la R.F.E.d.A y la FEDAK se debe utilizar tubo para la construcción del chasis, en el caso del presente proyecto se selecciona como material principal de fabricación el perfil tubular mismo que constituirá la estructura casi en su totalidad, las medidas del perfil a utilizar para la construcción se detallan en el análisis y simulaciones previas a este punto. Teniendo como medidas finales de construcción un perfil tubular para el arco principal será de 1,75 pulgadas (45mm) con un espesor de 0,095 in (2,5mm), así mismo para los arcos laterales y de apoyo para la estructura se emplea un perfil tubular de 1,5 in (38 mm) con un espesor de 0,095 in, esta selección surge a razón de resultados satisfactorios en las simulaciones estáticas, dinámicas y de fatiga.

#### Fabricación

Se establece un orden secuencial de fabricación para ejecutar de manera organizada la construcción de la estructura, esta consta de las siguientes fases:

- Fase I: Toma de medidas y marcaje de material
- Fase II: Preparación de corte y corte de material
- Fase III: Curvado de perfil tubular y soldadura
- Fase IV: Ensayos de soldadura
- Fase V: Pintura

**Fase I Toma de medidas y marcaje de material.** Para comenzar con la fase de construcción es importante el obtener el material que se empleará para la fabricación de la estructura, para esto se compró un aproximado de 12 metros de perfil tubular ASTM A913. Con el material adquirido es esencial emplear herramientas de medición como lo son flexómetro, escuadra, regla de ángulo y calibrador pie

de rey para marcar las medidas obtenidas en el diseño y análisis 3D, cabe recalcar que los perfiles serán cortados con sobremedida para compensar la pérdida de material por el corte que se realicé durante su construcción. Para que las marcas sean perceptibles y visibles a simple vista se empleó un rayador.

### **Figura 57**

*Medición y marcaje de materiales*



*Nota.* Para el marcaje se lleva a cabo tanto en el perfil tubular como en la platina que servirá como refuerzo para la base.

**Fase II Preparación de corte y corte del material.** Para el corte del material se realiza una inspección previa al material de modo que se asegure que este no presente golpes, hendiduras o roturas en tu totalidad. El corte inicial se lo realiza con una hoja sierra y el corte más detallado para las partes de intersección entre los tubos se lo realiza mediante un proceso de aserrado por disco.

**Figura 58**

*Corte de perfil tubular*



*Nota.* Se corte es realizado primero por una sierra de mano y la toma para su acople con otro tubo es definido por un proceso de aserrado por disco.

**Fase III Curvado de perfil tubular y soldadura.** El arco principal de la estructura no puede ir soldado y necesariamente debe ser doblado para obtener su forma, para esto se decide dar la forma al perfil tubular mediante un proceso de doblado en frío.

Al finalizar este proceso de doblado se tiene ya la forma del arco principal, así mismo el diseño de la parte principal de la estructura también es obtenido por el mismo proceso de doblado.

**Figura 59**

*Doblado del arco principal*



*Nota.* Se realizan los dobleces necesarios en los perfiles tubulares para obtener la forma deseada para la construcción.

Una vez se concluye con la fase de doblado es necesario preparar el perfil para ser soldado para esto en las partes donde se unirán los perfiles se crean las llamadas bocas de pescado, en este caso se realiza un aserrado por disco empleando un esmeril para obtener el acabado deseado.

Con el material cortado y listo se comienza el proceso de suelda, en este caso se decide utilizar un proceso de soldadura MIG, este proceso también llamado como soldadura rápida o soldadura de hilo, emplea un hilo de cobre(alambre) a modo de electrodo.

**Proceso de suelda MIG/MAG.** En este proceso de soldadura se emplean gases activos como CO2 puro o en su defecto gases mezclados como argón, o2, etc. Estos materiales son altamente reactivos con el oxígeno por lo que estos deben ser “protegidos” durante el proceso de suelda, normalmente este proceso de soldadura se utiliza en materiales no aleados y para materiales tanto de alta como baja aleación.

### Tabla 8

#### *Especificación de soldadora*

Especificaciones	
Voltaje de entrada	220V Monofásico
Consumo máx. de corriente	25 A
Rango de trabajo	30-145 A
Diámetro de alambre	0.6 – 0.8 – 0.9 mm
Peso	28 kg
Dimensiones	54x40x44 cm

*Nota.* Las especificaciones de la máquina de soldar cumplen con los requisitos para realizar la soldadura.

Tomado de PORTEN. (2018).

### Figura 60

Suelda MIG



*Nota.* Máquina soldadora MIG.

***Selección de electrodo.*** Se utiliza un electrodo tipo ER 70S-6 empleado en aceros al carbono, estos alambres son diseñados para unir aceros estructurales no aleados, así como aceros de construcción para calderas, perfiles, aceros para construcción. Este alambre es diseñado para ser empleado con una protección de gas de CO<sub>2</sub> al 100%, presentando excelentes características de soldabilidad. (Carbone, 2020)

**Tabla 9***Parámetros de voltaje y amperaje del electrodo en función de su diámetro*

Parámetros de aplicación		
Diámetro de alambre	Amperaje	Voltaje
0.23"	40-90	14-16
0.30"	60-140	14-16
0.35"	70-180	15-21
0.45"	110-230	18-30

*Nota.* Valores referidos de la ficha técnica del hilo de electrodo. Tomado de Carbone. (2020).

**Tabla 10***Tabla de propiedades del metal depositado*

<i>Propiedades mecánicas típicas del metal depositado</i>		
<i>Resistencia a la tensión</i>	<i>Límite elástico</i>	<i>Elasticidad</i>
<b>580 MPa</b>	<b>445 MPa</b>	<b>28.5%</b>

*Nota.* Valores referidos de la ficha técnica del hilo de electrodo.

**Tabla 11***Propiedades químicas del material*

<i>Análisis químico típico</i>					
<i>Si</i>	<i>C</i>	<i>Mn</i>	<i> P</i>	<i>S</i>	<i>Fe</i>
<b>1.48</b>	<b>0.07</b>	<b>0.89</b>	<b>0.012</b>	<b>0.01</b>	<b>Balance</b>

*Nota.* Valores referidos de la ficha técnica del hilo de electrodo. Tomado de Carbone. (2020).

**Figura 61***Resultado final de suelda MIG*

*Nota.* Hilo de soldadura obtenido.

**Fase IV Ensayos de soldadura.** Para este punto con la estructura ya soldada en su totalidad se debe cerciorar que el hilo de suelda se encuentre en las condiciones adecuadas para soportar las cargas y fuerzas que lleguen a los mismo, y que en caso de esfuerzos significativos soporten dichas cargas sin ceder ni desoldarse.

Para realizar estos ensayos existen varios métodos no destructivos, pudiendo estos ser:

- Ensayo visual

- Ensayo con líquidos penetrantes
- Ensayos con ultrasonido
- En con partículas magnéticas
- Inspección por corrientes inducidas
- Inspección por radiografía
- Inspección con rayos gamma

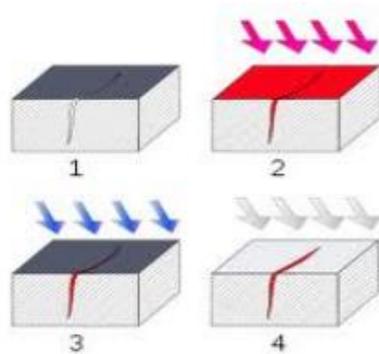
Para este proyecto se optó por realizar un ensayo de líquidos penetrantes, esto por la relativa facilidad de adquisición de estas tintas.

El ensayo no destructivo de líquidos penetrantes o tintas penetrantes se basa en aplicar en la superficie que se desea inspeccionar un tipo especial de tinta, esta penetra en el material por capilaridad en las grietas o posibles fallos que presente el hilo de soldadura. Actualmente constan dos tipos de líquidos los fluorescentes y los no fluorescentes, en este caso se empleará líquidos fluorescentes (Federación de enseñanza de CC.OO. de Andalucía, 2011).

Para aplicar los líquidos penetrantes se deben seguir pasos secuenciales que permitirán obtener resultados satisfactorios. Se Comienza con una limpieza inicial de la pieza esto se lleva a cabo con el limpiador que es líquido propio del kit de líquidos penetrantes. Luego de esto se coloca la tinta penetrante y se deja actuar por alrededor de 10 minutos, transcurrido este tiempo se coloca el revelador y se espera por 5 minutos más, transcurrido el tiempo total se aprecian con facilidad las imperfecciones presentes en el hilo de soldadura.

**Figura 62**

*Diagrama de aplicación de líquidos penetrantes*



*Nota.* Para este ensayo se adquiere un kit completo de líquidos penetrantes que contiene limpiador, tinta penetrante y revelador. Tomado de Federación de enseñanza de CC.OO. de Andalucía. (2011).

Para aplicar las tintas penetrantes se realiza una limpieza previa a las partes que presentan hilos de soldadura, esto con el fin de retirar impurezas y obtener mejores resultados en el ensayo.

**Figura 63**

*Limpieza previa ensayo de líquidos penetrantes*



*Nota.* Para la limpieza de los hilos de soldadura se utilizó papel de lija y un cepillo de alambre.

Una vez realizada la limpieza se aplican los líquidos en orden, empezando por el limpiador, luego la tinta penetrante y por último el revelador, para esto se debe respetar el período de tiempo de espera que establece el fabricante. Una vez transcurre el tiempo de espera se tienen los resultados del ensayo, estos deberán ser inspeccionados visualmente e interpretados.

**Figura 64.**

*Resultado de ensayo de tintas penetrantes*



*Nota.* Con la inspección visual se determinará el estado del hilo de soldadura.

***Interpretación del ensayo de líquidos penetrantes***

Una vez transcurre el tiempo de espera y se obtienen los resultados, se realiza la inspección visual de los hilos de soldadura, en su mayoría estos no presentan concentraciones de color fluorescente en su estructura, por lo que se entiende que el hilo de soldadura tiene un acabado muy bueno. Sin embargo, en ciertos hilos se presentan ciertas marcas llamativas de dicho color, estas marcas si bien son pequeñas son indicadoras de que existen fallos. Estos fallos son inferiores al 5% total del hilo de soldadura, por lo que están en un rango aceptable y el hilo se considera como bueno y óptimo. Realizado el ensayo de líquidos penetrantes con resultados positivos la estructura está lista para ser pintada.

**Figura 65**

*Hilo de soldadura en buen estado*



*Nota.* Hilo de soldadura con acabado óptimo.

**Fase V Pintura.** Para finalizar con el proceso de construcción se ha planteado el pintar la estructura por completo para adicionar propiedades contra la corrosión, para esto se pasa un fondeo con pintura acrílica y pintura blanca de brillo directo para el acabado. Esta pintura cubrirá a la estructura en su totalidad para así contar con un acabado estético en su totalidad.

En este caso se decide pasar dos capas de pintura con el fin de mejorar la calidad del acabado, además de sumarle propiedades extras a la estructura para tratar de alargar su vida útil, frente a las diversas condiciones climáticas que puedan presentarse durante las diferentes competiciones.

**Figura 66**

*Preparación de vehículo para pintura*



*Nota.* Preparación del vehículo para pintar su estructura de seguridad.

Con la estructura preparada y asegurando que la parte deteriorada del vehículo no quede comprometida se pasa la primera mano de pintura acrílica, con esto se asegura que la segunda capa de pintura, es decir la de acabado se impregne de manera segura y completa a la estructura.

**Figura 67**

*Estructura finalizada*



*Nota.* Estructura pintada y finalizada en su totalidad.

## Capítulo VI

### Conclusiones y recomendaciones

#### Conclusiones

- La utilización del software Solid Works para realizar el diseño de la geometría del chasis tubular es de gran ayuda para realizar la estructura de seguridad, la cual fue diseñada conforme la reglamentación de la Real Federación Española de Automovilismo R.F.E.d.A debido a que el país no cuenta con alguna reglamentación para su diseño.
- La estructura de seguridad al ser evaluada por los diferentes ensayos estáticos mediante las aplicaciones de cargas máximas que están aplicadas de forma frontal, lateral y vertical, se comprueba que el diseño propuesto cumple con los criterios de desplazamientos ya que en su deformación total no supero los 50 mm establecidos por la reglamentación en ningún ensayo, estos son criterios de aceptación que son solicitados por la reglamentación por lo que la estructura brinda seguridad y confiabilidad al piloto.
- La correcta aplicación de las cargas, peso y restricciones de la estructura son factores importantes para realizar la simulación estática, debido a que se obtuvo resultados fiables de las posibles zonas más vulnerables en las que la estructura puede llegar a romperse o en su defecto tener mayor desplazamiento dependiendo en ensayo aplicado.
- El material seleccionado ofrece las propiedades físicas necesarias para evitar la deformación máxima, ya que al realizar las simulaciones de tensión esta no superó los 485 MPa, con esto queda demostrando que bajo las cargas máximas estáticas aplicadas a la estructura, esta no presenta o tiende a llegar a su límite de cedencia máximo.
- La realización del ensayo no destructivo de líquidos penetrantes a la estructura de seguridad permitió comprobar un estado óptimo de soldadura en las uniones, mismas que se determinó al no

presentarse fisuras ni porosidades que lleguen a comprometer la seguridad del piloto, por tanto, se determinó que el proceso de construcción se realizó de manera satisfactoria.

- El diseño y la implementación del chasis tubular fue de manera exitosa y está reflejada en los diferentes análisis estáticos obtenidos y la aplicación del ensayo no destructivo de líquidos penetrantes. La estructura podrá ser homologada para competir en circuitos nacionales asegurando un alto nivel de seguridad pasiva al piloto durante la realización de la competición.

**Recomendaciones**

- En el proceso de soldadura MIG es de vital importancia la utilizar el equipamiento de seguridad debido a que existe un gran riesgo de producir un accidente laboral.
- Realizar un estudio más complejo en la parte dinámica de la estructura a fin de determinar los impactos que puede llegar a tener el vehículo en el momento del desarrollo de la competición
- Analizar la implementación refuerzos adicionales en la parte lateral la estructura de seguridad con el fin de disminuir el desplazamiento en el ensayo lateral para optimizar el diseño y llegar a obtener un mayor nivel de protección asegurando así la seguridad al piloto.
- Se propone realizar como mínimo dos ensayos no destructivos extra a la estructura para incrementar el índice de confiabilidad de la estructura.

## Bibliografía

- Carbone. (2020). *Rollos de alambre para soldadura*. <https://carbone.cr/nuestro-productos/electrodos-y-materiales-de-aporte/rollos-de-alambre-para-soldadura/>
- Cárdenas, L. (2015). *Diseño De Un Roll Bar Para Un Vehículo Suzuki Forza 1 De Competición*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8911/1/UPS-CT005145.pdf>
- Escuela Europea del Automóvil. (2015). *¿Qué función cumple la carrocería del automóvil?* Syria Studies. [https://www.researchgate.net/publication/269107473\\_What\\_is\\_governance/link/548173090cf22525dcb61443/download%0Ahttp://www.econ.upf.edu/~reynal/Civilwars\\_12December2010.pdf%0Ahttps://think-asia.org/handle/11540/8282%0Ahttps://www.jstor.org/stable/41857625](https://www.researchgate.net/publication/269107473_What_is_governance/link/548173090cf22525dcb61443/download%0Ahttp://www.econ.upf.edu/~reynal/Civilwars_12December2010.pdf%0Ahttps://think-asia.org/handle/11540/8282%0Ahttps://www.jstor.org/stable/41857625)
- Euro NCAP. (2021). *Barrera frontal fija*. <https://www.euroncap.com/es/seguridad-en-los-vehiculos/descripción-de-las-valoraciones/protección-de-ocupantes-adultos/impacto-frontal/barrera-frontal-fija/>
- REGLAMENTO TÉCNICO CAMPEONATO NACIONAL DE CIRCUITOS 2022, (2022). <https://drive.google.com/file/d/1PqIB4xeoHB7sruPaBWT3v6oqRT734JDe/view?usp=sharing>
- Federación de enseñanza de CC.OO. de Andalucía. (2011). Ensayos no destructivos en la soldadura. *Temas Para La Educación, 13*, 1–13. <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd8259.pdf>
- Ferrer, G. (2022). *¿Qué es el chasis?* <https://www.roshfrans.com/blog/queeselchasis>
- FIA. (2015). La FIA. *Syria Studies, 7*(1), 37–72. [https://www.researchgate.net/publication/269107473\\_What\\_is\\_governance/link/548173090cf22525dcb61443/download%0Ahttp://www.econ.upf.edu/~reynal/Civilwars\\_12December2010.pdf%0Ahttps://think-asia.org/handle/11540/8282%0Ahttps://www.jstor.org/stable/41857625](https://www.researchgate.net/publication/269107473_What_is_governance/link/548173090cf22525dcb61443/download%0Ahttp://www.econ.upf.edu/~reynal/Civilwars_12December2010.pdf%0Ahttps://think-asia.org/handle/11540/8282%0Ahttps://www.jstor.org/stable/41857625)
- Anexo J / Article 253, (2015).
- López, A. M. (2018). *DISEÑO, SIMULACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE UNA ESTRUCTURA DE ROLL BAR PARA UN VEHÍCULO DE COMPETICIÓN MODALIDAD RALLY, SEGÚN NORMATIVA FIA ARTÍCULO 253-2014, MEDIANTE ANÁLISIS COMPUTACIONAL POR EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS*. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/26832%0Ahttp://repositorio.uta.edu.ec/js>

pui/handle/123456789/29865

LUKEI. (2013). *Qué tipos de prueba realiza euroNCAP*. <https://www.autofacil.es/seguridad/tipos-prueba-realiza-euroncap/25774.html>

Reglamento técnico para vehículos Supercrosscar Autocross y montaña, (2009).

RoCar Prototipos, S. L. (2009). *SuperCrossCar 2009* (pp. 2–18). <https://docplayer.es/3808249-Presentacion-supercrosscar.html>

## Anexos