



Carátula

“Diseño de un prototipo de bastidor para un monoplaza de tipo Car Cross bajo la normativa RFEDA/FIA”

Castillo Armijos, Kevin Livio y Moyano Naranjo, Bryan Alexis

Departamento de Ciencias de Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz

Ing. Mena Mena, Euro Rodrigo

15 de julio 2022

Latacunga



Trabajo de Titulacion_Diseño Car Cross_Castillo K_Moyano B...

Scanned on: 20:29 July 14, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	205
Words with Minor Changes	42
Paraphrased Words	66
Omitted Words	2137

Firma del tutor:

Ing. Mena Mena, Euro Rodrigo
C. C 1712681045



Departamento de Energía y Mecánica
Carrera de Ingeniería Automotriz

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación, "Diseño de un prototipo de bastidor para un monoplaza de tipo Car Cross bajo la normativa RFEDA/FIA" fue realizado por los señores **Castillo Armijos, Kevin Livio** y **Moyano Naranjo, Bryan Alexis**; 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 verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 19 de julio de 2022

Firma:

Ing. Mena Mena, Euro Rodrigo

C. C 1712681046



Departamento de Energía y Mecánica
Carrera de Ingeniería Automotriz

Responsabilidad de autoría

Nosotros, **Castillo Armijos, Kevin Livio** con cédula de ciudadanía N° 1719356048 y **Moyano Naranjo, Bryan Alexis** con cedula de ciudadanía N° 0603955774, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Diseño de un prototipo de bastidor para un monoplaza de tipo Car Cross bajo la normativa RFEDA-FIA”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 19 de julio de 2022

Firma:

Castillo Armijos, Kevin Livio

C.C: 1719356048

Moyano Naranjo, Bryan Alexis

C.C: 0603955774



Departamento de Energía y Mecánica
Carrera de Ingeniería Automotriz

Autorización de publicación

Nosotros, **Castillo Kevin, Kevin Livio** con cédula de ciudadanía N° 1719356048 y **Moyano Naranjo, Bryan Alexis** con cedula de ciudadanía N° 0603955774, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: "**Diseño de un prototipo de bastidor para un monoplaza de tipo Car Cross bajo la normativa RFEDA/FIA**" en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 19 de julio de 2022

Firma:

Castillo Armijos, Kevin Livio

C.C: 1719356048

Moyano Naranjo, Bryan Alexis

C.C: 0603955774

Dedicatoria

La presente tesis la dedico a Dios por haberme dado la vida y cuidar de mí siempre, a mis padres Livio y Olivia quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un objetivo y meta más en mi vida, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo, perseverancia, respeto y valentía por nunca dejarme solo en cada una de mis experiencias, por todos los consejos brindados, por ser el pilar fundamental en mí y ayudarme a no temer los obstáculos que se presenten en el camino porque Dios está conmigo siempre.

A mis hermanos Liseth, Julissa y Paul por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias, porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas, por apoyarme cuando más los necesito, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día, de verdad mil gracias hermanos, siempre los llevo en mi corazón.

Kevin Castillo

Dedicatoria

La presente investigación se la dedico primero a Dios por cuidarme todos los días de vida, por permitirme culminar con mi carrera universitaria y alcanzar un objetivo más en mi vida.

Se la dedico a mis padres Gerardo y Sonia, a mi padre, aunque no esté físicamente será siempre mi ángel guardián que me guía siempre por el buen camino, a mi madre por darme la vida y ser mi motivación día tras día, por darme la educación y valores para convertirme en la persona que soy hoy en día, los quiero y estaré agradecido siempre.

A mi hermana Heidi por darme ese cariño de hermana y ser la alegría de la casa.

A mi abuelitos maternos y paternos que siempre me brindan su apoyo incondicional y pude lograr con un objetivo más que fue acabar mi carrera universitaria.

Bryan Moyano

Agradecimiento

Quiero agradecer principalmente a mi familia, por haberme dado la oportunidad de formarme en esta prestigiosa universidad y haber sido mi apoyo durante todo este tiempo, porque sin su apoyo incondicional nada de esto hubiera sido posible.

Un agradecimiento especial a mi asesor de tesis, el Ing. Euro Mena, quien no solo me guio en la preparación de este programa de grado, sino que también me apoyó a lo largo de mi carrera universitaria en el desarrollo profesional y el fomento continuo de mis valores.

A mis amigos Kevin Celorio, Henry Casa, Wellington Oñate, Richard Vega y Paul Alvarado gracias por todos estos años de amistad, por acompañarme, apoyarme y comprenderme, por ser mis otros hermanos de sangre y estar en los peores y mejores momentos de mi vida siempre llevare los recuerdos de la universidad y anécdotas vividas.

A mi compañero de tesis Bryan Moyano por haber ser un gran amigo que ha sabido estar en todo momento a mi lado, por haber creído en mí y acompañarme en esta trayectoria universitaria dándome consejos y buenos momentos llenos de vivencias.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por haberme brindado tantas oportunidades y enriquecerme en conocimiento.

Kevin Castillo

Agradecimiento

Me incentiva dedicar este proyecto de Tesis a todos los miembros que son parte de mi familia. En primer lugar, agradecer a Dios por salud que día tras día nos regala ya que con la bendición e logado concluir mi carrera, a mi padre Gerardo que no está físicamente conmigo sé que me cuida desde el cielo, que me guía durante cada paso que doy en la vida y siempre será mi ángel guardián, a mi madre Sonia por siempre estar pendiente de mi por darme todo su amor como madre, por comprenderme, regañarme, guiarme y siempre darme ánimos para no rendirme durante este trayecto de estudio y ser mi apoyo en los momentos malos y momentos buenos. Siempre estaré lo suficientemente agradecido por lo que ha hecho por mí y sigue haciendo.

A mi hermana Heidi por ser esa persona que nos vino a alegrar la vida, a mis abuelitos maternos y abuelitos paternos por siempre apoyarme moralmente y económicamente durante este largo trayecto de estudio a todos mis tíos y tías por sus consejos y sus palabras de aliento que nunca faltaron. Quiero agradecer a mi abuelito Maximiliano por ser ese padre que siempre está pendiente, darme ánimo y motivación para concluir con mi carrera universitaria siempre estaré agradecido. A todo ellos muchas gracias de todo corazón los quiero mucho.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga por acogerme durante este tiempo de estudio, a los docentes que me impartieron su conocimiento para mi formación profesional, es un orgullo de ser parte de esta prestigiosa Institución.

Finalmente quiero agradecer a mi tutor de tesis Ing. Euro Mena, por brindarme todos sus conocimientos para la culminación de la tesis y su gran aporte como docente en la universidad.

Bryan Moyano

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	1
Reporte de verificación de contenido.....	2
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación	5
Dedicatoria	6
Dedicatoria	7
Agradecimiento.....	8
Agradecimiento.....	9
ÍNDICE DE CONTENIDOS	10
Índice de Figuras	17
Índice de Tablas	21
Resumen.....	22
Abstract	23
Capítulo I: Marco metodológico de la investigación	24
Antecedentes.....	24
Planteamiento del problema.....	25
Descripción resumida del proyecto	26
Análisis del caso de estudio.....	28
El vehículo Auto Cross	28
Objetivos del proyecto.....	29
<i>Objetivo general.....</i>	29

<i>Objetivos específicos</i>	29
Metas	30
Hipótesis	30
VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN	31
<i>Variable independiente</i>	31
<i>VARIABLES DEPENDIENTES</i>	31
Metodología de desarrollo del proyecto	32
<i>Método bibliográfico</i>	32
<i>Método exploratorio</i>	32
<i>Método experimental</i>	33
<i>Método de síntesis</i>	33
Capítulo II: Metodología y estudios de modalidad de un Car Cross	34
Vehículo Car Cross	34
Largadas	34
Tipos de categorías	36
Monoplaza tipo Car Cross	36
Elementos del monoplaza	37
Bastidor	37
<i>Bastidor tipo tubular</i>	38
<i>Bastidor tipo monocasco</i>	39
Dimensiones de tubos RFEDA	39

Modelos de bastidores tubulares implementados en el Car Cross	40
Modelo TTX.....	41
Modelo Demon Car.....	42
Modelo Kincar.....	43
Modelo Xtream.....	44
Definiciones para el diseño de bastidor monoplace.....	45
<i>Dimensiones del monoplace.....</i>	<i>45</i>
<i>Distribución y peso.....</i>	<i>45</i>
Confortabilidad.....	46
<i>Confortabilidad del piloto.....</i>	<i>46</i>
Dimensiones de la cabina del monoplace	47
Lugar del piloto	48
Parámetros para el análisis de cargas.....	49
<i>Análisis de los modelos</i>	<i>49</i>
Rigidez y resistencia	50
<i>Definición de rigidez.....</i>	<i>50</i>
Análisis de rigidez a flexión.....	51
Flexión en posición vertical.....	51
Flexión en posición lateral.....	52
Análisis por elementos finitos (MEF).....	52
Normativa RFEDA/FIA.....	54

Reglamento utilizado	54
<i>Funcionabilidad del motor</i>	54
<i>Protecciones del vehículo</i>	54
<i>Suspensión</i>	54
<i>Peso máximo</i>	54
<i>Estructura de seguridad</i>	55
<i>Dimensiones del bastidor</i>	55
Diseño del Car Cross	56
Parámetros a tomar en cuenta en la geometría de la dirección.....	56
Centro de gravedad para monoplaza Car Cross	57
Parámetro de la geometría anti-dive y anti-squat	58
Primer parámetro geométrico anti-squat (anti-levantamiento)	58
Segundo parámetro geométrico anti-dive (anti-hundimiento)	59
Elección de mallado	59
Capítulo III: Modelado del prototipo de bastidor	60
Cualidades del diseño monoplaza	60
<i>Normativa</i>	60
<i>Parámetros para la construcción del bastidor monoplaza</i>	60
<i>Elección del material</i>	60
Dimensiones del modelo	62
<i>Panel de arco principal</i>	63

<i>Panel de arco frontal y uniones</i>	64
<i>Paneles de semiarcos posteriores y uniones</i>	65
<i>Tubos laterales</i>	66
<i>Refuerzo del arco principal y semiarco posterior</i>	66
Panel de semiarco delantero	67
Refuerzo del bastidor parte lateral y parte inferior	68
Factor de diseño.....	69
Puntos de anclaje	69
Elección del tipo de suspensión	69
<i>Configuración doble triángulos superpuestos</i>	69
<i>Trapecios</i>	70
Diseño preliminar del bastidor	71
Modelos propuestos	71
<i>Modelado 1</i>	71
<i>Modelo 2</i>	73
<i>Modelo 3</i>	74
Factor de seguridad y deformación de los prototipos de Car Cross.....	75
<i>Modelo 1</i>	75
<i>Modelo 2</i>	77
<i>Modelo 3</i>	78
Comparativa de escala de deformación de los 3 modelos.....	80

Modelado del bastidor seleccionado	81
<i>Croquis del bastidor (Modelo 3)</i>	81
Puntos de sujeción para el modelo 3.....	82
Capítulo IV: Análisis de resultados	84
Miembros estructurales y conexiones.....	84
Uniones	85
Composición del tipo de material	86
Análisis de resultados establecidos bajo la norma RFEDA/FIA	87
<i>Estipulaciones para ensayos de resistencia en materiales</i>	87
<i>Limitaciones</i>	88
<i>Carga Lateral</i>	88
<i>Carga Longitudinal</i>	89
<i>Carga Vertical</i>	90
<i>Simulación MEF</i>	91
<i>Mallado del bastidor</i>	91
<i>Resultado de la rigidez torsional del bastidor</i>	93
<i>Cálculo de la rigidez torsional modelo 3</i>	94
Datos obtenidos de los análisis y peso del bastidor	97
<i>Peso Bastidor</i>	97
<i>Dato de análisis de carga en forma vertical</i>	98
Datos de análisis de carga en forma longitudinal.....	99

<i>Estudio delantero</i>	99
<i>Estudio posterior</i>	100
<i>Datos de análisis de carga en forma lateral</i>	102
Capítulo V: Marco Administrativo	104
Recursos Humanos	104
Recursos Tecnológicos	104
Presupuesto	105
Capítulo VI: Conclusiones y Recomendaciones	106
Conclusiones	106
Recomendaciones	107
Bibliografía	108
Anexos	111

Índice de Figuras

Figura 1	<i>Árbol de planteamiento de los problemas</i>	25
Figura 2	<i>Proceso de simulación</i>	28
Figura 3	<i>Car Cross</i>	34
Figura 4	<i>Pista de Auto Cross A Coruña España</i>	35
Figura 5	<i>Categorías del campeonato Car Cross</i>	36
Figura 6	<i>Monoplaza</i>	37
Figura 7	<i>Bastidor</i>	38
Figura 8	<i>Bastidor tubular</i>	38
Figura 9	<i>Bastidor monocasco</i>	39
Figura 10	<i>Dimensiones del tubo</i>	40
Figura 11	<i>Car Cross modelo TTX</i>	41
Figura 12	<i>Car Cross modelo DEMON CAR</i>	42
Figura 13	<i>Car Cross modelo KINCAR</i>	43
Figura 14	<i>Car Cross modelo XTREM</i>	44
Figura 15	<i>Eje de balanceo</i>	46
Figura 16	<i>Medidas del asiento</i>	48
Figura 17	<i>Puntos de colocación de sujeción</i>	50
Figura 18	<i>Flexión Vertical</i>	51
Figura 19	<i>Flexión lateral</i>	52
Figura 20	<i>Mallado de una pieza</i>	53
Figura 21	<i>Método MEF</i>	53
Figura 22	<i>Diseño para la estructura Car Cross</i>	56
Figura 23	<i>Ángulos de viraje ruedas delanteras Car Cross</i>	57
Figura 24	<i>Centro de gravedad</i>	57
Figura 25	<i>Parámetro anti-squat</i>	58

Figura 26 <i>Parámetro anti-dive</i>	59
Figura 27 <i>Dimensiones del Car Cross</i>	63
Figura 28 <i>Panel de arco principal</i>	64
Figura 29 <i>Panel de arco frontal</i>	64
Figura 30 <i>Unión de arcos</i>	65
Figura 31 <i>Panel de semiarcos posterior</i>	65
Figura 32 <i>Tubos laterales</i>	66
Figura 33 <i>Refuerzos en arco principal y semiarco posterior</i>	67
Figura 34 <i>Panel de semiarco delantero</i>	67
Figura 35 <i>Refuerzo lado lateral</i>	68
Figura 36 <i>Refuerzo parte inferior</i>	69
Figura 37 <i>Trapecios Delanteros</i>	70
Figura 38 <i>Trapecios Posteriores</i>	70
Figura 39 <i>Diseño preliminar</i>	71
Figura 40 <i>Modelo 1</i>	72
Figura 41 <i>Modelo 1 vista lateral</i>	72
Figura 42 <i>Modelo 2</i>	73
Figura 43 <i>Modelo 2 vista lateral</i>	73
Figura 44 <i>Modelo 3</i>	74
Figura 45 <i>Modelo 3 vista lateral</i>	74
Figura 46 <i>Aplicación de cargas estáticas al Modelo 1</i>	75
Figura 47 <i>Resultado de factor de seguridad Modelo 1</i>	76
Figura 48 <i>Resultado de escala de deformación Modelo 1</i>	76
Figura 49 <i>Aplicación de cargas estáticas modelo 2</i>	77
Figura 50 <i>Resultado de factor de seguridad modelo 2</i>	77
Figura 51 <i>Resultado de escala de deformación modelo 2</i>	78

Figura 52	<i>Aplicación de cargas estáticas modelo 3</i>	79
Figura 53	<i>Resultado del factor de seguridad modelo 3</i>	79
Figura 54	<i>Escala de deformación</i>	80
Figura 55	<i>Valores de dimensiones del modelo</i>	81
Figura 56	<i>Modelo Final seleccionado</i>	82
Figura 57	<i>Puntos de sujeción</i>	82
Figura 58	<i>Puntos de anclaje en el bastidor</i>	83
Figura 59	<i>Miembro estructural</i>	84
Figura 60	<i>Aplicación de comando</i>	84
Figura 61	<i>Tubo tubular</i>	85
Figura 62	<i>Error en unión de tubos</i>	85
Figura 63	<i>Comando seleccionado para la corrección de tubos</i>	86
Figura 64	<i>Composición material</i>	87
Figura 65	<i>Limitaciones del bastidor</i>	88
Figura 66	<i>Aplicación de carga lateral</i>	89
Figura 67	<i>Aplicación de carga longitudinal frontal</i>	89
Figura 68	<i>Aplicación de carga longitudinal posterior</i>	90
Figura 69	<i>Aplicación de carga vertical</i>	90
Figura 70	<i>Tamaño de la malla</i>	91
Figura 71	<i>Detalles de nodos</i>	92
Figura 72	<i>Mallado del bastidor</i>	92
Figura 73	<i>Rigidez torsional modelo 3</i>	93
Figura 74	<i>Valor de deformación</i>	95
Figura 75	<i>Valor de refuerzo</i>	95
Figura 76	<i>Valor de factor de seguridad</i>	96
Figura 77	<i>Peso del bastidor</i>	97

Figura 78 <i>Valor de carga vertical</i>	98
Figura 79 <i>Concentración de cargas</i>	99
Figura 80 <i>Máxima deformación longitudinal</i>	99
Figura 81 <i>Factor carga frontal</i>	100
Figura 82 <i>Cargas en la parte posterior</i>	101
Figura 83 <i>Factor carga longitudinal posterior</i>	101
Figura 84 <i>Carga en forma lateral</i>	102
Figura 85 <i>Factor carga lateral</i>	103

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Parámetros de la normativa RFEDA/FIA</i>	31
Tabla 2 <i>Resistencia estructural del bastidor tubular</i>	32
Tabla 3 <i>Dimensiones de tubos en un monoplaza Car Cross</i>	40
Tabla 4 <i>Características del TTX</i>	41
Tabla 5 <i>Características del DEMON CAR</i>	42
Tabla 6 <i>Características del KINCAR</i>	43
Tabla 7 <i>Características del XTREM</i>	44
Tabla 8 <i>Medidas referenciales de un piloto</i>	46
Tabla 9 <i>Ecuaciones aplicadas para los valores de carga</i>	49
Tabla 10 <i>Pesos máximos del vehículo</i>	54
Tabla 11 <i>Dimensiones máximas del Car Cross</i>	55
Tabla 12 <i>Composición de los aceros</i>	61
Tabla 13 <i>Comparativa de modelos</i>	80
Tabla 14 <i>Resultados de cargas</i>	103
Tabla 15 <i>Recursos Humanos</i>	104
Tabla 16 <i>Recursos Tecnológicos</i>	105
Tabla 17 <i>Presupuesto</i>	105

Resumen

El presente proyecto de estudio se enfoca en el diseño de un bastidor estructural para un monoplaza de tipo Car Cross que es utilizado en competencias, los parámetros de diseño en cuanto a dimensiones, peso, tamaño de tubos, diámetro de tubos, material a utilizar y exigencias de seguridad, entre otros, establecidos en la normativa RFEDA/FIA la que indica que parámetros debe cumplir el diseño para su futura fabricación y así poder competir en campeonatos a realizarse en el país, se toma como referencia el reglamento aplicado en eventos de competición realizados en España de esta modalidad llamada Auto Cross.

En los capítulos de este trabajo de titulación se inicia por establecer la necesidad de estudio que requiere el bastidor monoplaza para su homologación, para lo cual se necesita elegir el material adecuado y que exista en el mercado nacional bajo estándares de propiedades mecánicas, por consiguiente se procede a realizar el croquis en 3D mediante un software CAD con las dimensiones máximas que establecidas en la norma, mediante comparativa de 3 diseños preliminares se determina un tipo de modelo que este dentro de las características que comprenden diseño, con análisis de estudio estático. Para finalizar se realizó los estudios de cargas estáticas que se tienen por obligación bajo normativa, como son carga vertical, longitudinal delantera, posterior y carga lateral, logrando determinar el buen desempeño del bastidor con respectos a los 2 modelos anteriores.

Palabras clave: bastidor monoplaza, car cross, auto cross,

Abstract

The present project focuses on the design of a structural frame for a Car Cross-type single-seater that is used in competitions, the design parameters in terms of dimensions, weight, tube size, tube diameter, material to be used. and safety requirements, among others, established in the RFEDA/FIA regulations, which indicate what parameters the design must meet for its future manufacture and thus be able to compete in championships to be held in the country, the regulations applied in competition events are taken as a reference made in Spain of this modality called Auto Cross. In the chapters of this titling work, it begins by establishing the need for a study that the frame requires for its homologation, for which it is necessary to choose the appropriate material and that it exists in the national market under mechanical property standards, therefore, it proceeds to make the 3D sketch using CAD software with the maximum dimensions established in the standard, by comparing 3 preliminary designs, a type of model is determined that is within the characteristics that comprise design, with static study analysis. Finally, the studies of static loads that are required under the regulations were carried out, such as vertical load, longitudinal front, rear and lateral load, managing to determine the good performance of the frame with respect to the 2 previous models.

Key words: single seater, car cross, auto cross

Capítulo I

Marco metodológico de la investigación

Antecedentes

Las competencias automovilísticas en el país han evolucionado paulatinamente con el pasar de los años, incorporándose a participaciones en competencias de vehículos, como el Car Cross que están dentro de una movilidad deportiva del automovilismo, este tipo de vehículos pueden estar dentro de competencias, circuitos cerrados de tierra o en subidas de montaña de asfalto.

Por consecuencia del incremento de las competencias automovilísticas en el país, los estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y de las diferentes universidades pertenecientes a la carrera de Ingeniería Automotriz han realizado investigaciones referentes a la categoría de vehículos monoplasas existentes, para poder manufacturar y diseñar este tipo de vehículos, y así lograr un puesto en competencias nacionales e internacionales.

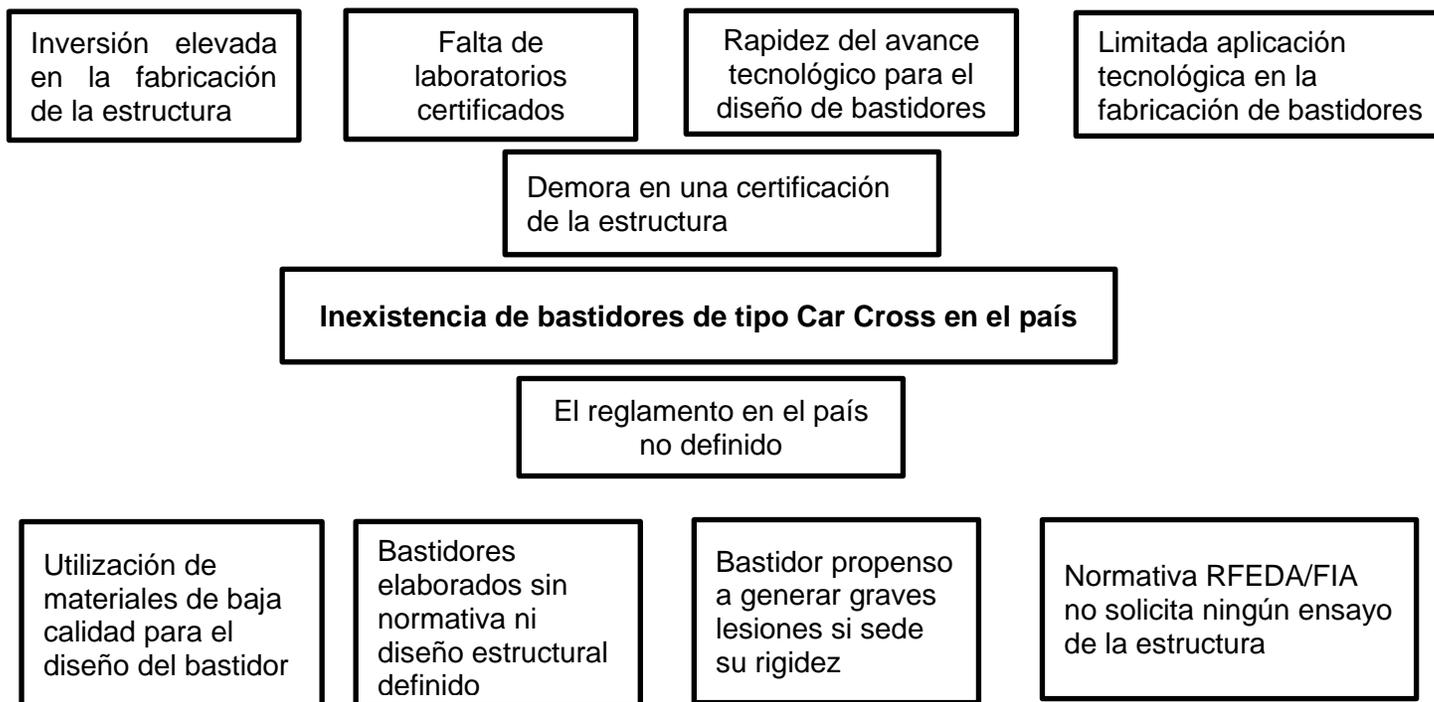
En la actualidad las estructuras de seguridad de un Car Cross deben cumplir los requisitos indicados en el artículo 279B-279A anexo J. revisado y aprobado por el departamento técnico de FIA sport, y puesto en vigencia el 08.07.2021. Estos son requisitos técnicos como el diseño, las dimensiones, la geometría, el tipo de perfil estructural y el tipo de material, pero no se requieren pruebas para verificar la resistencia de la estructura.

Los desarrollos tecnológicos de los últimos años han facilitado la implementación de herramientas de ingeniería computacional enfocadas a mejorar la seguridad de los ocupantes en choques automotrices y la biomecánica, permitiendo replicar pruebas estáticas por computadora y utilizando métodos numéricos para obtener resultados aceptables y válidos. , que ahorra recursos para verificar la calidad estructural y del marco en la industria automotriz.

Planteamiento del problema

Figura 1

Árbol de planteamiento de los problemas



El bastidor de un vehículo es considerado la parte más importante de un monoplaza, porque esta resguarda la vida del piloto, el cual debe estar diseñado con componentes óptimos capaces de soportar vuelcos y choques producidos por el descarramiento en los circuitos de competencia. Es necesario que el bastidor este diseñado para cumplir todas las funciones de manera precisa en el vehículo, sin estas características el bastidor no tendrá un buen desempeño en caso de algún accidente, por ello el reglamento especifica que debe cumplir el diseño, y así poder otorgar una alta seguridad, por lo tanto, el material debe ser el correcto para la estructura.

El reglamento para la Certificación Estructural Segura de la FIA no establece que se deba realizar ningún tipo de prueba en la estructura del prototipo, lo cual es muy preocupante ya que no se realizan pruebas para ver el comportamiento estructural real del prototipo

utilizado para la protección antes de la certificación. El marco y su impacto en la seguridad de los conductores de Car Cross.

El bastidor es el elemento que más influye en el monoplaza, por lo que debe estar diseñado de tal forma que los elementos y componentes sean fáciles de adaptarse y poder dar seguridad al piloto.

Los Car Cross son vehículos pequeños de competencia más utilizados en circuitos de tierra, así como los vehículos de karting pero que son utilizados en circuitos de asfalto.

Poseen una relación de potencia – peso muy alto, que por lo general poseen motores de cuatro cilindros, son utilizados con mayor frecuencia en circuitos de tierra donde existen 2 categorías de 100 cc y 600 cc estos vehículos tienen un peso de 300 Kg aproximadamente, con una aceleración de 0/100 km en 2,8 segundos y logrando alcanzar una velocidad de 150 Km/h.

En el país actualmente no existe una competencia de autocross definida, por ello la escasez de diseños de estos tipos de vehículos, y lo que se han realizado han sido de manera empírica o por fabricación propia como alternativa de movilidad turística, es por ello la necesidad de realizar un proyecto que se destine a diseñar un bastidor con las características y parámetros que se señalan en el reglamento RFEDA/FIA.

Descripción resumida del proyecto

El proyecto consiste en realizar el diseño de un bastidor de un vehículo mono plaza de tipo Car Cross basándose en la normativa RFEDA/FIA.

Según la normativa RFEDA/FIA, para la homologación de una estructura de seguridad, se deberá presentar un documento en que explique la información del estudio del bastidor, de acuerdo con la normativa, en el que queden reflejadas las siguientes características:

El constructor del vehículo deberá homologar su estructura de seguridad ante la RFEDA de que estará compuesta exclusivamente por:

Tubo de acero al carbono sin alear, estirado en frío, sin costura, con un contenido máximo de carbono de 0,22%. El tubo tiene un diámetro mínimo de 30 mm y un espesor mínimo de 2 mm. Debe haber un arco de seguridad frontal y un arco de seguridad central adjunto en la parte superior. Estos arcos tienen un diámetro mínimo de 40 mm y un espesor mínimo de 2 mm.

El proyecto inicia con la investigación del diseño del bastidor de un vehículo monoplace de tipos car Cross, con parámetros para las competiciones en el reglamento con el fin de cumplir los requisitos para la elaboración estructural del bastidor de car Cross, en los que se definen características como dimensiones, el peso máximo, el diámetro de los tubos, el material a utilizar y las exigencias que se determinan en cuanto a seguridad y cilindraje del motor entre otras características. El diseño debe cumplir con parámetros que estén vigentes en la normativa elaborando el diseño del bastidor con la ayuda de un software CAD, diseñando y analizando la estructura, realizando mejoras y corrigiendo los errores del modelado con el fin de obtener un diseño optimizado.

Se seleccionará y se modelará el diseño de la estructura de seguridad según ANEXO J ART 279B-279A FIA (FIA, 2015) que represente condiciones estructurales críticas, para simular la condición de rigidez y comprobar el comportamiento mecánico de la estructura y ver su influencia en la seguridad del piloto.

Posteriormente se analiza la seguridad de la estructura del bastidor con la ayuda del software MEF, dichos análisis ayudaran a determinar bajo la normativa: las cargas trasera, lateral y frontal con el fin de poder encontrar un desempeño óptimo en el que podamos entender el comportamiento del bastidor del vehículo monoplace.

Análisis del caso de estudio

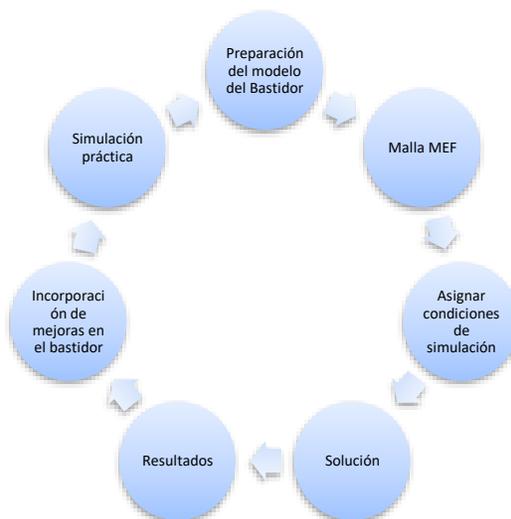
Para realizar este estudio se debe tener conocimiento de modo oportuno sobre el propósito del vehículo Car Cross, con sus respectivas normas previamente establecidas en el reglamento, a continuación, se presentará un análisis de estudio sobre los vehículos monoplasas tipos Car Cross para competencia con normativas establecidas en la RFEDA/FIA.

El vehículo Auto Cross

Este modo de competencia automovilística es una modalidad en donde posee diferentes tipos de categorías, en la ciudad de España estos primos están regulados con la norma RFEDA y la FIA. Establecen diferentes competencias dentro de la modalidad Auto Cross.

Figura 2

Proceso de simulación



Justificación e importancia.

Es claro que la normativa que rige la construcción de estructuras seguras FIA debe exigir ensayos para evaluar la resistencia y así poder demostrar si dichas estructuras son seguras, una serie de factores como los altos costos de ensayo, pocos laboratorios acreditados existentes, entre otros, la necesidad de recursos técnicos El desconocimiento de estos requisitos resultó en la ausencia de requisitos, y el análisis se realizó utilizando el software descrito en la normativa vigente.

En este estudio se plantea diseñar el bastidor de un monoplaza tipo Car Cross, entendiendo como la forma de la estructura y el tipo de material influyen en la rigidez del bastidor será de importancia para el estudio investigativo en la carrera de Ingeniería Automotriz el cual ayudara de manera innovadora, motivacional e inspirador para los estudiantes de la carrera en futuros usos, el propósito es analizar y diseñar el bastidor para así lograr un buen desempeño tanto en rally, pistas y trepadas donde cumplirá un peso mínimo y se acatara a la normativa FIA, para ello se utilizará el software CAD.

Objetivos del proyecto

Objetivo general

Diseñar un prototipo de bastidor para un monoplaza de tipo Car Cross bajo la normativa RFEDA-FIA.

Objetivos específicos

- Estudiar el diseño del bastidor para un vehículo monoplaza de tipo Car Cross mediante la aplicación de la normativa FIA.
- Esquematizar un modelado de bastidor de un vehículo monoplaza de tipo Car Cross, por medio de la utilización de un software CAD, para comprobar la resistencia estructural del material seleccionado.

- Analizar los resultados del bastidor del vehículo monoplaza de tipo Car Cross por medio de pruebas en un software que permita realizar MEF, para evaluar su seguridad y las condiciones en dicho bastidor.

Metas

- Obtener los parámetros de resultados del bastidor y analizar para mejorar el diseño del bastidor para el vehículo monoplaza tipo Car Cross.
- Rediseñar el bastidor con los datos obtenidos para minimizar los puntos críticos a través de métodos computacionales.
- Implementar en el software CAD las mejoras del bastidor vehículo monoplaza tipo Car Cross.
- Representar el modelo para un bastidor de un vehículo monoplaza de tipo Car Cross de manera computacional.
- Evidenciar el comportamiento físico del bastidor y su seguridad del vehículo monoplaza tipo Car Cross.
- Evidenciar la resistencia de la estructura de seguridad para los eventos de competición.

Hipótesis

Al aplicar la normativa RFEDA/FIA al bastidor del vehículo monoplaza de tipo Car Cross tendrá un mejor desempeño y seguridad en competencia mediante la realización de un análisis de cargas estáticas y el estudio computacional generado por el equipo desarrollador para determinar la resistencia de rigidez de la estructura del bastidor.

Variables de la investigación

Análisis de la resistencia estructural del bastidor tubular (VD) para evaluar su seguridad y desempeño en competencia con parámetros de la RFEDA/FIA. (VI) de competición de tipo rally según normativa, seleccionar un bastidor monoplaza para mejorar los resultados obtenidos por el equipo desarrollador generado por el método computacional explícito CAD.

Variable independiente

Parámetros de la normativa RFEDA/FIA

Tabla 1

Parámetros de la normativa RFEDA/FIA

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
		Estructura de	Certificaci	Normativa	Software
	Divisiones de	seguridad	ón		
<i>Parámetros</i>	la	Dimensiones	mm	Medición	Flexómetro o
<i>de la</i>	competencia	del bastidor			pie de rey
<i>normativa</i>		Protecciones	cm	Medición	Flexómetro o
<i>RFEDA/FIA</i>		laterales			pie de rey
		Motor	cm^3	Medición	
	Datos del	Peso	kg	Medición	Bascula
	Vehículos	Dimensiones	cm	Medición	Flexómetro

Variables dependientes

Resistencia estructural del bastidor tubular

Tabla 2*Resistencia estructural del bastidor tubular*

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
		Carga estática Lateral	Newtons	Medición	Software CAD
<i>Resistencia estructural del bastidor tubular</i>	Parámetros de Medición	Carga estática Frontal	Newtons	Medición	Software CAD
		Carga estática Longitudinal	Newtons	Medición	Software CAD
	Resistencia de Material Selección de Material	Factor de Seguridad Normativa	de Adimensional Nomenclatura	Medición Selección	Software CAD Software CAD

Metodología de desarrollo del proyecto

Se tendrá en consideración los siguientes métodos de investigación.

Método bibliográfico

Para el desarrollo de esta investigación se realizará investigaciones bibliográficas documentales, con los cuales se logrará obtener una vasta información obtenida de documentación técnica y publicaciones científicas, concernientes a diseño del bastidor para el vehículo monoplaza de tipo Car Cross.

Método exploratorio

El método exploratorio se indaga en artículos científicos con estudio desde Q2,Q1 con el fin de encontrar información de diseño de bastidores monoplaza para encontrar un óptimo diseño que brinde una máxima seguridad y eficiencia al competir.

Método experimental

Se utiliza este método en la presente investigación para analizar el comportamiento del bastidor bajo cargas estáticas por medio del análisis computacional.

Método de síntesis

Se utiliza este método para presentar resultados obtenidos sobre las cargas estáticas y se podrá concluir que sucederá con el bastidor del vehículo, por medio de resultados comparados con investigaciones ya realizadas en software CAD.

Capítulo II

Metodología y estudios de modalidad de un Car Cross

Vehículo Car Cross

Se trata de un modelo de coche formado por varias categorías, y en España estas carreras están reguladas por la RFEDA y la FIA. Existen diferentes campeonatos para cada categoría de Auto Cross (Esain, Amurrio, & Sábada, 2014).

Figura 3

Car Cross



Nota. En la figura 3 podemos observar a tres vehículos de la modalidad Auto Cross en competencia. Tomado de <https://ceax-autocross.com/galeria/>

Largadas

Las competencias automovilísticas tienen una calificación la cual se distribuye en 3 largadas o primes, donde la primera es la clasificatoria y como últimas dos son las finales de la competencia donde va a depender del número de competidores y de clasificados. Donde los organizadores de este primer prime analizan si se efectúa entrenamientos libres que pueden ser los días viernes y sábados en la mañana, aquí cada reparto de este primer prime efectúa las juntas independientes. (RFEDA, REGLAMENTO DEPORTIVO, 2019).

A sucesión se muestran las actividades que se desarrollan durante a competencia:

- Reconocimientos oficiales.
- Entrenamientos oficiales.
- Primes de clasificación.
- Largada final.

En relación a los entrenamientos oficiales en la competencia van a ser indispensables para todos los participantes registrados en la competencia, estos entrenamientos van a ser tomados por tiempo donde tendrá una duración de diez minutos. Los primes de clasificación van a ser controlados por un cronometro para darnos el tiempo total de la largada o carrera, este prime van a terminar cuando se complete los 3 minutos luego de que haya completado el prime el primer participante. (RFEDA, REGLAMENTO DEPORTIVO, 2019)

Consta de 3 tipos de finales donde cada una posee distancias que se acatan en el reglamento, donde si la final es tipo C el intervalo que se deberá cumplir va a ser de 6 a 8 Km, una final tipo B tiene un intervalo casi parecido al de tipo C de 6 a 8 Km y si consta de un final tipo A el intervalo a recorrer constara de 8 a 12 Km.

Figura 4

Pista de Auto Cross A Coruña España



Nota. En la figura 4 se muestra el autódromo de competencia de Auto Cross en la ciudad de A Coruña en España. Tomado de [http://www. Todoautorcross.com/circuitos-cto-espana/](http://www.Todoautorcross.com/circuitos-cto-espana/)

Tipos de categorías

En el país no se cuenta con una división o categoría definida, pero al momento de seguir con la norma RFEDA- FIA, se deberá seguir ciertos aspectos para cumplir con dicha categoría y conocer sobre las diferentes categorías que existen, para lo cual en este proyecto se enfocara en la división de Car Cross, por el análisis del diseño de un bastidor tubular que va en el grupo de monoplazas.

Figura 5

Categorías del campeonato Car Cross

DIVISIÓN	GRUPO	ABREVIATURA	REGLAMENTO
I	World Rally Car (WRC)	WRC	Art. 255/255A - Anexo J + RFEA
	Kit Car	KC	Art. 255 - Anexo J + RFEA
	A	A	Art. 255 - Anexo J + RFEA
	N	N	Art. 254 - Anexo J + RFEA
	Prototipo E1 Nacional	E1N	RFEA
	Prototipo E2 Nacional	E2N	RFEA
II	II	II	Art. 254 - Anexo J + RFEA
Off Road Series	Off Road Series	ORS	Art. 254 - Anexo J + RFEA
III	Super Buggy	SB	Art. 279A - Anexo J
Car Cross	Car Cross	CC	RFEA
Car Cross Promoción	Car Cross Promoción	CC Promo	RFEA
Junior Car Cross	Junior Car Cross	Jr CC	RFEA

Nota. En la figura 5 se muestra las categorías que existen en una competencia bajo normativa RFEDA/FIA. Tomado de RFEDA, Reglamento técnico de Auto Cross, 2019

Monoplaza tipo Car Cross

El monoplaza de tipo Car Cross es un vehículo compuesto por un bastidor, equipado con un motor de motocicleta de alrededor de 600 centímetros cúbicos, con un peso nominal de 320 kg, y su fuerza de tracción trasera, con lo que contara con unas dimensiones las cuales cumpla bajo la noma RFEDA-FIA.

Figura 6

Monoplaza



Nota. En la figura 6, indica un tipo de monoplaza de Auto Cross en pista. Tomado de <https://ceax-autocross.com/galeria/>

Elementos del monoplaza

El vehículo Car Cross está conformado por las siguientes partes:

- Bastidor
- Motor y Transmisión
- Suspensión
- Dirección
- Carrocería

Al momento de seleccionar cada una de las partes que conforma este vehículo monoplaza se tendrá en cuenta el momento de realización del mismo, dando así unos resultados en los aspectos y características a mejorar.

Bastidor

Elemento por el cual se conforma un bastidor estructural, el que brindara variados parámetros que proporcionarán al piloto de seguridad como además a los ocupantes como también de serán colocados en esta parte los elementos y sistemas que conformen el vehículo.

Lo primordial de esta parte es conocer el factor de diseño para así asegurar la seguridad de los ocupantes al momento de un choque, la estructura será capaz de deformarse

de manera parcial para así la energía se disipe de manera uniforme.

Este elemento estructural tiene la finalidad de aguantar todos los elementos del vehículo que se mantengan en movimiento en los diferentes aspectos de frenado o aceleración.

Figura 7

Bastidor



Nota. En la figura 7, se muestra el bastidor de un vehículo de tipo turismo. Tomado de <https://www.motor.es/que-es/chasis-bastidor>

Bastidor tipo tubular

Este tipo de bastidor es el que más se utiliza por varias fórmulas para diferentes competencias donde se pueden utilizar materiales ya sea el acero, aleaciones de titanio, aluminio, magnesio y entre otras, la estructura tiene diferentes miembros que la compone como la perfilería redonda, la cual se debe ubicar en un correcto lugar de triangulación para brindar una resistencia mayor y a su vez es una estructura liviana, el inconveniente para este tipo de chasis se nota en su dificultad para ser fabricado.

Figura 8

Bastidor tubular



Nota. En la figura 8, indica un bastidor tubular para una competencia de formula Student.

Tomado de (Martínez & Latorre, 2017)

Bastidor tipo monocasco

Las características que tiene este tipo de bastidor son poder disminuir significativamente restricciones en su diseño como al momento de la construcción del mismo, para lo cual va a contar con dos secciones que es el monocasco que va a ser elaborada por fibras con alto grado de resistencia como es el kevlar o el yute. Por ello cuenta con una estructura tubular para que así los demás elementos que conforman el vehículo puedan ser montados.

Figura 9

Bastidor monocasco



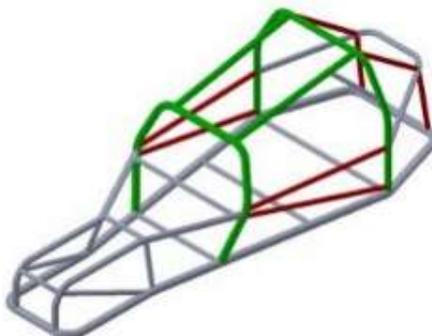
Nota. En la figura 9, se muestra un bastidor monocasco para una futura competición. Tomado de <https://www.motor.es/formula-1/asi-hace-monocasco-f1-201953622.html>

Dimensiones de tubos RFEDA

Para la elección del tubo en el diseño del monoplaza Car Cross nos indica la normativa las dimensiones recomendadas a utilizar como se indica en la figura 10, para garantizar la construcción de una estructura rígida y a su vez cumpla con la seguridad del piloto, a continuación, se detallará en la Tabla 3.

Figura 10

Dimensiones del tubo



Nota. En la figura 10, se indica los tipos de tubos que se recomienda utilizar en un bastidor Car Cross. Tomado de (Martínez & Latorre, 2017)

Tabla 3

Dimensiones de tubos en un monoplaza Car Cross

Tipo	Dimensiones mínimas(mm)
Tubo Verde	Ø40x2
Tubo Rojo	Ø35x1.5
Tubos Restantes	Ø35x1.5

Nota. Esta tabla, indica el tipo de tubo que se debe utilizar en el bastidor. Tomado del (Reglamento RFEDA, 2019)

Modelos de bastidores tubulares implementados en el Car Cross

Se efectuó un estudio en referencia a las empresas que manufacturan este tipo de bastidor monoplaza de tipo Car Cross para una recopilación de información con datos que nos permitan realizar un correcto diseño, donde si fuera el caso de que exista algún error en el modelo se pueda realizar correcciones y mejorar el diseño que realicemos.

La primera empresa manufacturera que se estudio fue la Industria Lahoz que se dedican a diseño y fabricación de vehículos de carrera para el Car Cross, la empresa manufactura modelos que son el TTX y Xtrem para la clase Car Cross donde estos diseños han sido muy

exitosos donde se ha demostrado que se ha obtenido gran número de campeonatos en los años de competencia, esta empresa concursa bajo el equipo llamado SPEEDCAR, por consiguiente se expondrán las características de los modelos TTX y Xtrem.

Modelo TTX

Figura 11

Car Cross modelo TTX



Nota. En la figura 11, se indica un modelo de vehículo de competencia Auto Cross. Tomado de <http://www.speed-car.com/xtrm.html>

Tabla 4

Características del TTX

Características del TTX	
Estructura Principal	Multitubular, tubo de acero cromo molibdeno $\phi 50 \times 2$ mm, $\phi 40 \times 2$ mm y $\phi 30 \times 2$ mm
Carrocería	Fibra de vidrio
Largo/Ancho/Alto	3100/1860/1300 mm
Dirección	Asistida regulable, una vuelta y cuatro de extremo a extremo

Nota. En la tabla 4 se indica las características del modelo TTX. Tomado de <http://www.speed-car.com/ttx.html>

Modelo Demon Car

Osona perfil es una empresa que se dedica al diseño y manufactura de estos vehículos para la competencia de Car Cross con el nombre de DEMON CAR, estos diseños de vehículos tipos Car Cross están considerados como los especiales que tienen un excelente equilibrio entre la tracción y dirección, por consiguiente, se va a detallar las características que tienen esta marca de vehículo.

Figura 12

Car Cross modelo DEMON CAR



Nota. En la figura 12, se muestra el modelo del vehículo Demon Car para Auto Cross. Tomado de <http://www.demoncar.es/car-cross>

Tabla 5

Características del DEMON CAR

Características del DEMON CAR	
Estructura Principal	Tubular con tubo cromo molibdeno $\phi 40 \times 2$ mm sin soldadura.
Carrocería	Fibra de vidrio
Largo/Ancho/Alto	2600/1500/1100 mm
Dirección	Rápida tres cuartos
Peso	315 kg

Nota. En la tabla 5, se indica las características principales del modelo Demon Car. Tomado de

<http://www.demoncar.es/car-cross>

Modelo Kincar

Como estudio final se encuentra la empresa KINCAR que se especializa en los Car Cross, donde dicha empresa cumple con el más alto estándar de manufactura, porque tiene un diseño especial donde son minuciosos en la selección del material y los componentes para el monoplaza el diseño de este vehículo es excelente, muy fácil de adecuarse a él, también por cómo trabaja el sistema automotor y la seguridad que brinda.

Figura 13

Car Cross modelo KINCAR



Nota. En la figura 13, se muestra el modelo Kincar. Tomado de <http://www.kincar.es/>

Tabla 6

Características del KINCAR

<i>Características del KINCAR</i>	
Estructura Principal	Estructura de perfil tubular de acero al carbono con diámetros de $\phi 40 \times 3\text{mm}$.
Carrocería	Fibra de 3 piezas
Largo/Ancho/Alto	2600/1600/1100 mm
Dirección	Dirección rápida con carcasa de aluminio forjado de diseño exclusivo
Peso	360 kg

Nota. En la tabla 6, se indica las características del modelo Kincar. Tomado de

<http://www.kincar.es/>

Modelo Xtream

Figura 14

Car Cross modelo XTREM



Nota. En la figura 14, se indica el modelo Xtrem para competencias. Tomado de

<http://www.speed-car.com/xtrm.html>

Tabla 7

Características del XTREM

Características del XTREM	
Chasis	Perfil tubular de acero con diámetro de $\phi 40$ x 2 mm de espesor.
Armazón	Fibra de vidrio
Largo/Ancho/Alto	2600/1500/1100 mm
Dirección	Una vuelta y cuarto de extremo a extremo
Peso	312 kg

Nota. En la tabla 7, se indica las características que corresponden al modelo Xtrem. Tomado de

<http://www.speed-car.com/xtrem.html>

Definiciones para el diseño de bastidor monoplaza

Dimensiones del monoplaza

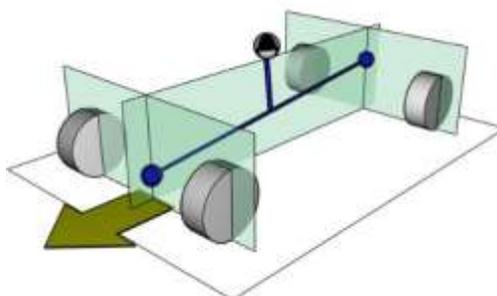
Para determinar con las dimensiones del monoplaza y conocer el diseño se debe tener en cuenta los siguientes parámetros como es longitud, ancho y alto, mediante eso se podrá tener la correcta de estabilidad, una buena distribución de los elementos mecánicos que conformaran el monoplaza que brinden un funcionamiento óptimo del mismo.

Para ello se realizará una revisión del reglamento RFEDA/FIA, que se deberá cumplir con las dimensiones del bastidor, así como también se revisará la categoría para competir en las diferentes competencias.

Distribución y peso

El peso en el monoplaza lo va a determinar el conductor y el propulsor, ya que viene de la mano con el diseño que se ha dado al vehículo y por las dimensiones que tiene para los elementos que en algunos casos van a ser de menor tamaño en comparación con otros, lo da lugar a una mayor dificultad al momento de poder colocar los elementos en el bastidor, de manera concreta en la parte posterior del monoplaza donde se ubicara la transmisión y debido a este problema el diseño será adaptado a los componentes sin tener que adicionar algo al piloto.(Fernández & Latorre, 2017).

El balanceo que se produce en un vehículo es un factor a tomar en cuenta, en especial en las curvas, al momento de girar en torno a un eje este fenómeno se lo llama eje de balanceo. Por ellos es indispensable encontrar un centro, pero esto se complica al momento de que el vehículo empieza a estar en movimiento, su centro empieza a cambiar de manera constante, y por ende afectan al centro de gravedad, el mismo que debe encontrarse cerca de centro de balanceo debido a que será fatal si estas distancias se separen de manera brusca. (Esain, Amurrio, & Sábada, 2014).

Figura 15*Eje de balanceo*

Nota. En la figura 15, se muestra como referenciar el centro de balanceo en un vehículo.

Tomado de <https://decarreteres.com/2015/12/04/centro-de-balanceo-roll-center/>

Confortabilidad

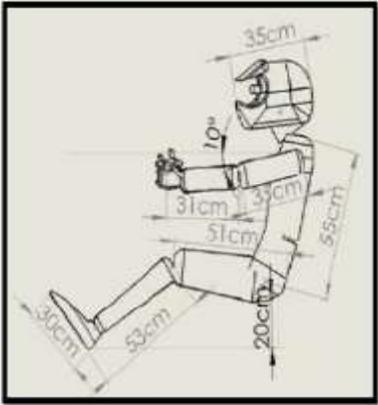
Confortabilidad del piloto

Según (Fernández & Latorre, 2017) señalan que todas las dimensiones que se pueden distribuir en una cabina de un vehículo “Percentil 95”, se establece un promedio por parte de todas las dimensiones tomadas y que el 95% son menores a los valores estándar.

En la tabla 8 se establece unas dimensiones de altura, longitud, inclinación y algunos ángulos que debe poseer el conductor según el “Percentil 95”.

Tabla 8*Medidas referenciales de un piloto*

Designación	Medida	Bosquejo
Inclinación del torso respecto a la vertical	15°	
Longitud del antebrazo	35 cm	
Inclinación del antebrazo con respecto a la vertical	10°	
Longitud del brazo	30 cm	

Designación	Medida	Bosquejo
Diámetro del casco	35 cm	 <p>El diagrama muestra un piloto en un monoplaza con las siguientes medidas: diámetro del casco 35 cm, longitud del pie 30 cm, ángulo del pie con la pierna 90°, longitud de la pierna 53 cm, longitud del muslo 51 cm, altura del piso a la cadera 20 cm, longitud del torso 55 cm, longitud del brazo 31 cm, longitud del antebrazo 33 cm, longitud del antebrazo 51 cm, longitud del pie 30 cm, longitud de la pierna 53 cm, longitud del muslo 51 cm, altura del piso a la cadera 20 cm, longitud del torso 55 cm.</p>
Longitud del pie	30 cm	
Angulo del pie con la pierna	90°	
Longitud de la pierna	53 cm	
Longitud del muslo	51 cm	
Altura del piso a la cadera	20 cm	
Longitud del torso	55 cm	

Nota. En la tabla 8, se muestra las medidas referenciales de un piloto dentro del monoplaza.

Tomado de (Fernández & Latorre, 2017)

Para el diseño del monoplaza se tomará las dimensiones y aspectos fundamentales como es la posición que va a tomar el piloto, este debe estar de manera correcta en el asiento con un arnés que estará enganchado que le permita tener control de los mandos. Es indispensable saber que todas las dimensiones que se establecen en la figura 16 son necesarias para poder seleccionar el tipo de asiento que se va a ubicar en el monoplaza.

(Fernández & Latorre, 2017)

Las características importantes es la seguridad del ocupante, la cual deberá permitirle una fácil evacuación del vehículo, contar con el arnés de seguridad y el asiento ser homologado por la normativa FIA.

Dimensiones de la cabina del monoplaza

Según (FIA, Appendix J 2019 – Article 279 A, 2019) señala que la cabina debe tener un ancho inferior a los 60 cm, cual la cabina no deberá tener nada corto punzante que pueda ocasionar daños al piloto, las barras antivuelco deberán tener una protección con una altura máxima de 5cm por la parte superior del casco del piloto en competencias.

Para ayudar a la seguridad del conductor el reglamento FIA propone que el monoplaza tenga un techo rígido, el cual va a estar compuesto por láminas de acero con un mínimo de espesor del 1,5 mm, a su vez este material puede ser remplazado por aluminio o materiales compuestos con un espesor de 3 mm y para su unión se utilizara pernos con una medida M6. Con el fin de evitar lesiones en manos y brazos es de suma importancia colocar las barras laterales a los costados del monoplaza en las partes donde queda descubierta la cabina, se realizarán de la siguiente manera: Una malla de 6 x 6 cm con unas dimensiones en sus cordones de 3mm, o a su vez una malla de 10 x 10 mm y 25 x 25 mm, que debe esta tener un 1mm de diámetro.

Lugar del piloto

Las medidas promedio de un humano son fundamentales a la hora de diseñar el asiento para lo que se va a tomar una medida estándar de 1,70m, y se procederá a tener el asiento bajo las normativas y este deberá ser homologado por la misma.

Este tipo de asiento GT1 cuenta con la homologación FIA 855/99, está constituido de fibra de vidrio con buena resistencia al peso, es de fácil de adaptación al vehículo monoplaza y ofrece confortabilidad al piloto.

Figura 16

Medidas del asiento



Nota. En la figura 16, se especifica las dimensiones de un asiento homologado de competencia. Tomado de <http://www.baquetscompeticion.com/>

Parámetros para el análisis de cargas

Análisis de los modelos

Se procede a analizar cada uno de los modelados mencionados anteriormente con el fin de colocar el material y las cargas en puntos específicos para obtención del factor óptimo de seguridad y resistencia del material seleccionado para la selección del bastidor de mejores características de seguridad y resistencia.

El reglamento técnico para el Car Cross nos indica que el monoplaza no podrá tener un peso inferior a 320 kg. Siendo así el valor "W" tomando como referencia un valor de 400 kg, equivalente al peso del bastidor y del ocupante, para ellos se multiplicará dependiendo del tipo de carga a encontrar. Los valores a colocar en cada análisis son los siguientes:

Tabla 9

Ecuaciones aplicadas para los valores de carga

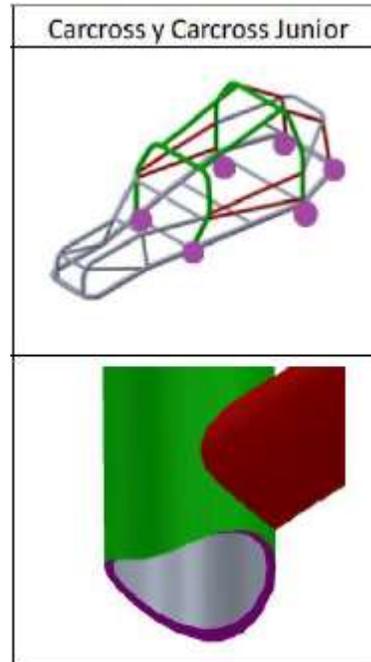
Categoría	Valores de Carga			
	W (kg)	Vertical	Longitudinal	Lateral
Car Cross	320 + 80	7.5 x W	6 x W	3.5 x W

Nota. En la tabla 9, se indica las ecuaciones a aplicar para obtener la fuerza en cargas estáticas. Tomado de (*Reglamento RFEDA/FIA2019*)

Para poder colocar las cargas estáticas verticales, longitudinales y laterales, se necesita tener puntos de sujeción fijas y que no existan nodos libres como se indica en la figura 17, es recomendable colocar estos puntos de sujeción para un análisis estático correcto.

Figura 17

Puntos de colocación de sujeción



Nota. En la figura 17, se muestran los puntos de sujeción. Tomado de (RFEDA, Reglamento técnico de Auto Cross, 2019)

Rigidez y resistencia

Definición de rigidez

Rigidez es la capacidad que posee una estructura para soportar grandes fuerzas donde no se produzcan grandes alteraciones hacia la estructura analizada. Para establecer maneras de rigidez que se puede ocasionar en la estructura nos enfocamos en la siguiente expresión:

(Rodríguez, 2018)

$$K = \frac{F}{\delta}$$

F, Fuerza en MPA

δ, Desplazamiento en mm

Análisis de rigidez a flexión

En este principio se tolera a un elemento aguantar un determinado esfuerzo a cierto material sin llegar a dañarlo, aquí el chasis se comienza a deformar por consecuencia de los componentes que están acoplados y que se encuentran distribuidos a lo largo del mismo.

(Rodríguez, 2018)

$$K_{flex,y} = \frac{M_y}{\theta_y} = \frac{E \cdot I_y}{L}$$

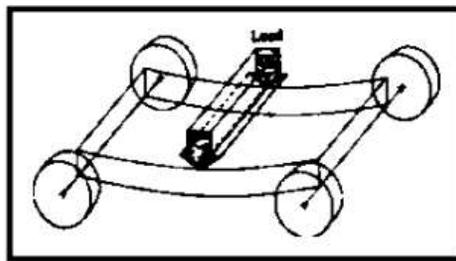
$$K_{flex,z} = \frac{M_z}{\theta_z} = \frac{E \cdot I_z}{L}$$

Flexión en posición vertical

Los distintos componentes contienen un peso entre ellos se encuentra el tren de transmisión, el motor, el sistema de refrigeración, implementos y entre otros componentes, también se incluye al conductor el cual produce un efecto sobre el chasis se lo llama pandeo donde se llega a doblar el chasis como la viga, donde la mayor deformación se muestra en el centro de gravedad y en las cuatro ruedas que cumplen la función de apoyo donde se van a producir reacciones verticales hacia los ejes de arriba. También influye lo que se conoce como fuerzas dinámicas que es la aceleración y desaceleración en ya sea que se puede aumentar y disminuir las magnitudes de las tensiones. (Singh, 2010)

Figura 18

Flexión Vertical



Nota. En la figura 18, se indica como actúa la flexión vertical en un vehículo. Tomado del libro de (Singh, 2010)

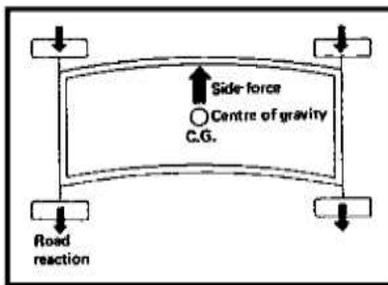
Flexión en posición lateral

En relación a la flexión lateral esto ocurre por algunas razones, donde una de ellas puede ser la fuerza centrífuga que se causa en el transcurso de la toma de curva, otra manera es la fuerza lateral que produce el viento.

Estas magnitudes de fuerzas se notan a lo extenso de la estructura donde se producen las reacciones que están resistidas por los ejes y también por los neumáticos provocando así la mayor deformación en la parte central del chasis. (Singh, 2010)

Figura 19

Flexión lateral



Nota. En la figura 19, se muestra cómo actúa la flexión lateral en una estructura. Tomado del libro de (Costales, 2011)

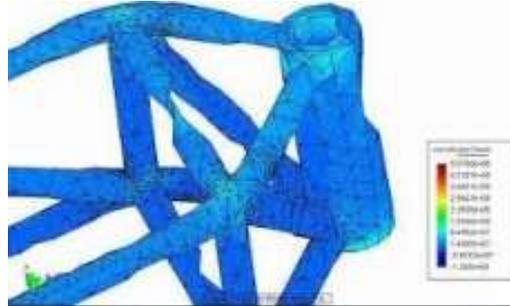
Análisis por elementos finitos (MEF)

Es el proceso que más se utiliza en la actualidad es decir por ingenieros y científicos, debido a que nos ayuda a calcular fácilmente complejidades de una pieza que se está analizando en elementos finitos para así formar un sistema completo de funciones matemáticas de equilibrio y llegar a la solución. (Costales, 2011)

Este proceso tiene 3 métodos en los que se llega a una solución de una posible estructura tubular. El método que va al inicio se lo conoce como MEF que quiere decir el mallado de una pieza, permite desfragmentar la pieza y analizarla en los elementos finitos, cuanto más elemento tenga una pieza mejor va a ser la calidad del mallado, es decir ira aumentando y no se perdedera información.

Figura 20

Mallado de una pieza

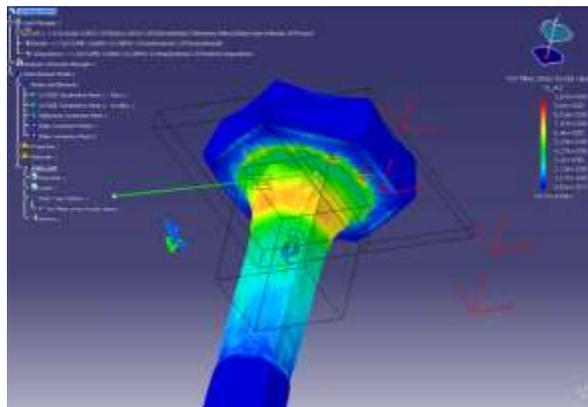


Nota. En la figura 20, se muestra cómo actúa el mallado en una estructura. Tomado de http://www.sitenordeste.com/motosmotors/chasis_de_motocicleta.htm

El método MEF tiene un objetivo específico que es resolver y formar cualquier sistema matemático para el diseño que se va analizar, con ellos permite alcanzar un sistema de ecuaciones y crear una matriz de rigidez de la estructura del monoplaza que será basado en los desplazamientos, en conjunto con los cálculos de ingeniería y las aproximaciones de desplazamientos.

Figura 21

Método MEF



Nota. En la figura 21, se muestra un análisis MEF de una pieza. Tomado de http://www.sitenordeste.com/motosmotors/chasis_de_motocicleta.htm

Normativa RFEDA/FIA

Se presentará las especificaciones generales para que el vehículo monoplaza cumpla con dicho reglamento bajo la normativa RFEDA/FIA

Reglamento utilizado

Funcionabilidad del motor

Bajo la normativa se puede establecer que la capacidad máxima que debe tener el propulsor es de 600cm^3 , lo que permite que el propulsor tenga unas protecciones si se va a ubicar en la parte posterior, como también proteger al escape. Esta protección no debe superar un grosor de 1,5 mm.

Protecciones del vehículo

En la estructura del monoplaza en la parte del panel lateral sus protecciones deben ser de tubos unidos de material de acero, en cada parte del vehículo, como lo muestra la normativa en el apéndice J, también presenta que la parte que es externa deberá estar a nivel con el centro de las ruedas, su longitud máxima no puede superar el 60%.

Suspensión

- No se permitirá el uso de suspensión activa.
- La configuración de este tipo de suspensión deberá ser independiente.

Peso máximo

El vehículo deberá cumplir con un peso máximo ya con su ocupante usando el monoplaza durante la competencia y deberá ser:

Tabla 10

Pesos máximos del vehículo

XC – Car Cross	400 Kg
XC – Jr. – Car Cross Junior	358 Kg

Nota. En la tabla 10, indica el peso máximo que debe tener el vehículo para competencias de Auto Cross. Tomado de (FIA, CROSS CAR CONCEP TECHNICAL REGULATIONS GUIDELINES, 2019)

Estructura de seguridad

En el reglamento se impone un montaje de jaula para seguridad, donde esta estructura o diseño se puede homologar o certificar.

Dimensiones del bastidor

En el reglamento RFEDA/FIA se dispone de las dimensiones máximas que debe tener el Car Cross para su homologación y para la aprobación de los jueces en competiciones que son las que detallaremos a continuación:

Tabla 11

Dimensiones máximas del Car Cross

Característica	Valor (Unidad)	Detalle
Ancho	1600 mm	(se excluye el guardabarros)
Longitud	3000 mm	N/A (se excluye la toma de
Altura	1400 mm	aire para el radiador de agua del motor)

Nota. En la tabla 11, indica las dimensiones máximas establecidas por la norma. Tomado de (Normativa reglamentada RFEDA/FIA 2019)

En el reglamento se hace énfasis en la estructura de seguridad para el Car Cross para lo cual se establece algunos puntos que se restrinjan en el diseño del bastidor como es:

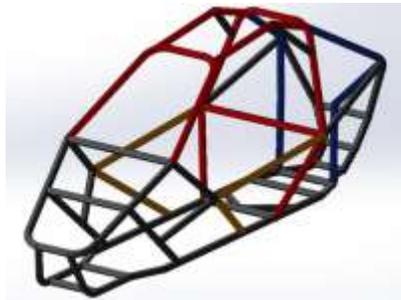
- Diseño.
- Medidas de tubos.
- Materiales a utilizar

Diseño del Car Cross

En el reglamento para la homologación establece un diseño mínimo, el cual nos indica como se debe reforzar estructura, se observa en la figura 22, tomando en cuenta este diseño se podrá establecer cambios, modificaciones a la estructura diseñada para tener una mayor rigidez y poder aumentar la seguridad que necesita el piloto.

Figura 22

Diseño para la estructura Car Cross



Nota. En la figura 22, indica un ejemplo de bastidor que es aplicado para un monoplaza Car Cross. Tomado de (RFEDA, Reglamento técnico de Auto Cross, 2019)

Parámetros a tomar en cuenta en la geometría de la dirección

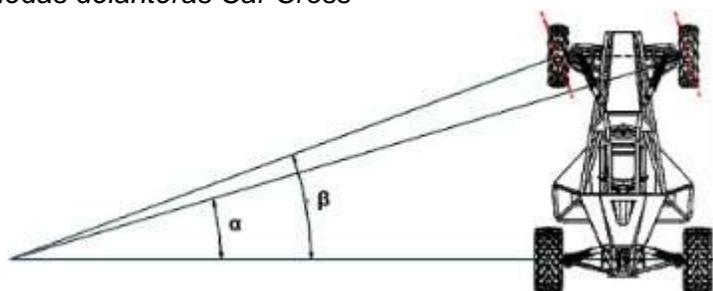
Se debe tomar en cuenta los parámetros de dirección que facilitaran la conducción del vehículo monoplaza por ello se detallan los términos:

- Distancia (L): Distancia entre ejes.
- Distancia av: Distancia entre puntos de pivote de las ruedas delanteras (Ancho de vía).
- Radio Scrub (RS): Distancia entre la fijación de los trapecios y la mangueta de la rueda y el punto del eje donde la rueda entra en contacto con el suelo.
- Radio de giro minino: Debe estar entre 3.5 a 4 m. Se mide describiendo el menor círculo posible que permite el vehículo.

Se realiza un esquema que indica los ángulos de viraje en cada rueda del vehículo en la figura 23, cuando el Car Cross realiza un viraje a la izquierda con el máximo giro del volante. (Morocho, P., & Villacis, A., 2012).

Figura 23

Ángulos de viraje ruedas delanteras Car Cross



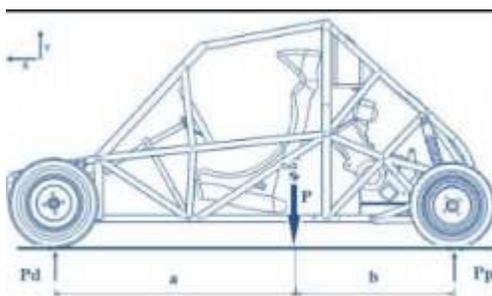
Nota. En la figura 23, indica el ángulo geométrico que tiene un monoplaza a la hora de realizar el viraje de dirección. Tomado de (Morocho, P., & Villacis, A., 2012)

Centro de gravedad para monoplaza Car Cross

Para determinar el centro de gravedad en un vehículo monoplaza de tipo Car Cross, se toma en cuenta los ejes del monoplaza en forma horizontal, se toma en cuenta el peso total del vehículo y el peso que actúa en cada eje, tanto delantero como posterior, y así aplicar momentos en los ejes y determinar las distancias a y b con el centro de gravedad.

Figura 24

Centro de gravedad



Nota. En la figura 24, se indica el centro de gravedad respecto a las distancias entre ejes.

Tomado de (Morocho, P., & Villacis, A., 2012)

Parámetro de la geometría anti-dive y anti-squat

En el sistema de suspensión la geometría tiende a sufrir variaciones con referencia al peso del Car Cross de delante hacia tras e inversamente donde el Car Cross soporta el instante de frenada y acelerada, para regularizar el hundimiento del sistema de suspensión tanto delantera al momento de frenar y la trasera al momento de acelerar se debe tomar en cuenta los parámetros de geometría.

Primer parámetro geométrico anti-squat (anti-levantamiento)

El primer parámetro geométrico va a reducir la compresión de la suspensión en el momento de la aceleración en el Car Cross ya que este parámetro solo sirve en coches de tracción trasera. (Pulido, D. 2014)

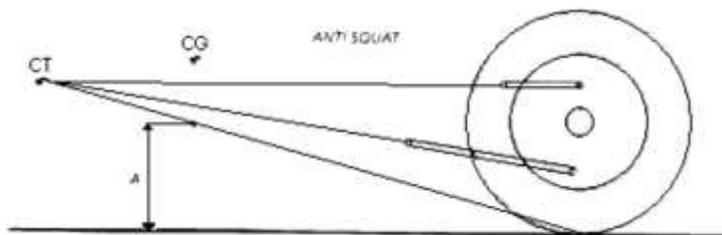
Se debe tomar muy en cuenta el centro de transferencia (CT) que se indica en la figura () para el caso de delante hacia atrás cuando se acelera esto sirve para la suspensión que está en forma de trapecios que se utiliza en el Car Cross. (Pulido, D.2014)

El CT es el centro teórico el cual gira respecto al tren trasero en su movimiento de delante hacia atrás en el momento que se acelera, esto puede ocurrir al inicio de una competencia o a la salida de una curva.

En la figura 25 se puede ver las distancias entre el punto CG y el punto A aquí no indica la magnitud del efecto y se lo mide en porcentaje de altura, se puede decir entonces que, si el punto A está a un 30% de altura con respecto al CG, este corresponderá al porcentaje del efecto anti-squat. (Pulido, D.2014)

Figura 25

Parámetro anti-squat



Nota. En la figura 25, se indica el centro de gravedad con respecto al parámetro anti-squat.

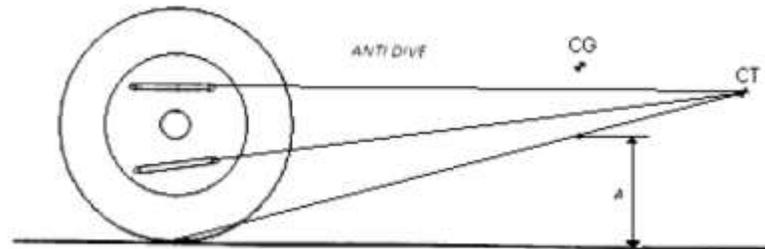
Tomado de (Pulido, D.2014)

Segundo parámetro geométrico anti-dive (anti-hundimiento)

El anti-dive como parámetro geométrico tiende a reducir la deflexión de la compresión cuando en el Car Cross se frena con el eje delantero como podemos observar en la figura 26 la disposición del CT donde se mide el porcentaje que tiene la altura respecto a CG que su valor no debe ser mayor a un 30%. (Pulido, D.2014)

Figura 26

Parámetro anti-dive



Nota. En la figura 26, indica el centro de gravedad con respecto al parámetro anti-dive. Tomado de (Pulido, D.2014)

Elección de mallado

El mallado juega un papel importante en la evaluación de los resultados con cargas estáticas por lo que los parámetros a considerarse en el centro de relevancia determinado con malla fina, seguido el tipo de malla, el tipo de elemento y la calidad de malla.

Existen mallas como la hexaédrica, cuadrilátera y alta, el tamaño de malla se elige de 1mm para obtener una mayor precisión de resultados. (P.Kumar.A.2019)

Capítulo III

Modelado del prototipo de bastidor

Cualidades del diseño monoplace

Con el objetivo de participar en eventos realizados de automovilismo de la categoría Car Cross que cumplen con el reglamento de la RFEDA, el modelo de bastidor diseñado tendrá que estar sujeto a la normativa que esta englobada dentro del Reglamento Técnico de competencias de Car Cross así mismo deberá estar sujeta a pruebas estáticas de rigidez para comprobar su seguridad.

Normativa

Al no existir una normativa nacional referente a las competencias de Car Cross, se debe tomar en cuentas normativas internacionales, para lo cual están definidas en el Reglamento específico de la RFEDA, que se estipula en el anexo 9, reglamento técnico, división Car Cross.

La normativa tomada en cuenta para la realización de bastidores de Car Cross de competencias nos especifica características y condiciones que se deben ejecutar minuciosamente para que el bastidor cumpla los estándares establecidos.

Parámetros para la construcción del bastidor monoplace

A continuación, se detallarán los parámetros que se toman en cuenta para la construcción del bastidor reglado RFEDA-FIA, la estructura debe estar correctamente diseñada para el anclaje de todos los sistemas de seguridad.

Elección del material

Para la elección del material a utilizarse en el bastidor del vehículo Car Cross es recomendable utilizar un acero que cumpla con los requerimientos mecánicos que aseguren el estado físico del piloto en caso de volcamiento y de colisión.

En cuanto al reglamento indica el bastidor debe ser rígido y de material duro, sugiere un acero que presente características de dureza, anticorrosión.

Según el reglamento los aceros aleados a utilizarse son los siguientes:

Acero 42CrMo4 y el Acero 25CrMo4 para lo cual se procede a la comparación de estos materiales con un Acero que se encuentra en el mercado nacional que es el ASTM A 500, en cuanto a su composición química, propiedades mecánicas y propiedades físicas mediante una matriz comparativa con el objetivo de seleccionar el material adecuado.

Tabla 12

Composición de los aceros

Propiedades de los aceros					
Elementos	Cantidad	A500	42CrMo4	25CrMo4	<i>Confiabilidad con respecto al Acero 25CrMo4 Margen comparativo en % con ASTM A 500</i>
Manganeso (Mn)	%	1.030	0.75	1.350	76.30%
Azufre(S)	%	0.040	0.035	0.035	114%
Carbón(C)	%	0.270	0.415	0.220	122%
Fósforo(P)	%	0.036	0.025	0.025	144%
Límite elástico	MPa	344	670	585	58.8%
Límite de tracción	MPa	427	850	720	59.3%
Densidad	$\frac{Kg}{m^3}$	7870	7833	7800	100%
Elongación	%	16	15	10	160%
Coeficiente de		0.280	0.285	0.300	93.3%
posion	-				
Conductividad	$\frac{W}{mK}$				85.71%
térmica		42	46	49	
Mecanizado	-	FACIL	DIFICIL	FACIL	IGUAL
Soldadura	-	BUENA	POBRE	REGULAR	

Nota. En la tabla 12, se indica las características y propiedad de aceros aleados para el uso de la construcción de bastidores tubulares. Tomado de la revista (*German Special Steel S.L, 2022*)

En la siguiente tabla 12 se observa la comparación de los aceros aleados con el fin de comprobar el mejor y seleccionarlo para la construcción del bastidor.

Entre los tres aceros se descarta el acero aleado 42CrMo4 debido a su gran cantidad de carbono en comparación con los otros aceros y su baja resistencia mecánica, esto dificultaría la soldadura, el Acero 25CrMo4 tiene propiedades buenas, bajo acero al carbono, buena resistencia estructural, pero en el país no se encuentra un distribuidor directo por lo que se dificulta la obtención de este tipo de material.

Finalmente queda a elección el acero ASTM A500 el cual posee valores referenciales buenos en cuanto a límite elástico y a su resistencia a la tracción, se encuentra en el mercado, es de fácil acceso y es una de las opciones más económicas en cuanto a nivel país.

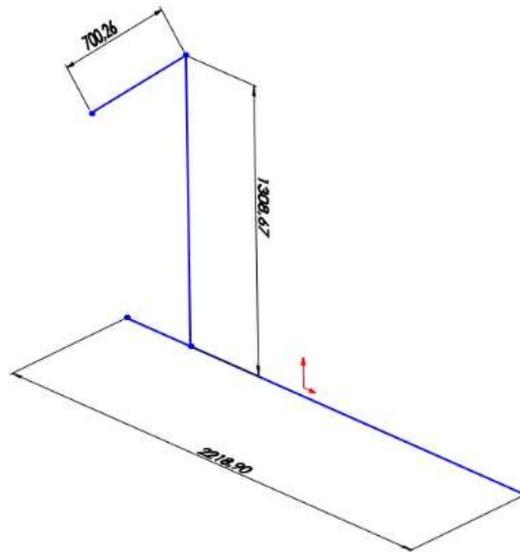
Por ello la selección del material es el acero A500 que será el mejor para la construcción del bastidor debido a sus características y composición brindará una fiabilidad y seguridad al momento de su ejecución.

Dimensiones del modelo

Para la realización del modelado, se toma en cuenta las dimensiones límites de construcción de bastidores Car Cross, que están establecidas en la normativa FIA/RFEDA este modelado de la estructura se realizara mediante un software CAD.

Figura 27

Dimensiones del Car Cross

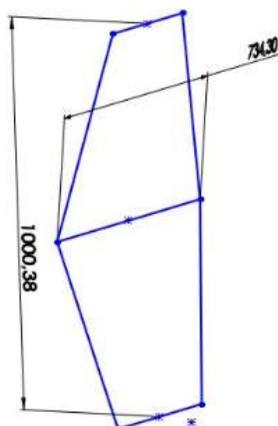


Nota. En la figura 27, tenemos las medidas máximas de longitud, altura y ancho que son referenciales para el dibujo del croquis 3D del bastidor.

Se realiza un boceto 3D mediante líneas, este establece las medidas estándar y máximas que posee un Car Cross las cuales serán referenciales a la hora del diseño que fueron tomadas con respecto a la tabla 11 Capítulo 2.

Panel de arco principal

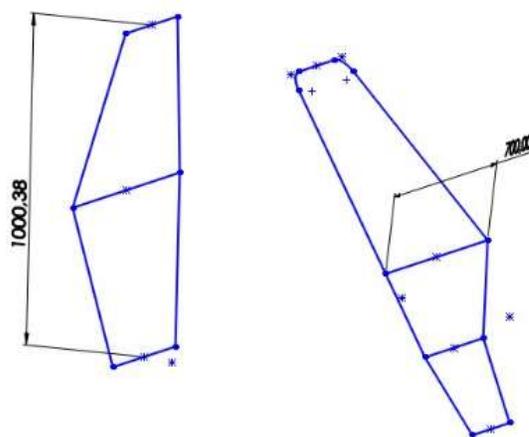
Una vez establecidas las medidas límite del bastidor, el diseño del panel de arco principal, la normal establece que este debe sobrepasar los 5cm del casco del conductor cuando este en la posición de salida, para ellos las medidas de los espacios que comprenden el chasis no deben ser superiores de altura de 1400mm

Figura 28*Panel de arco principal*

Nota. En la figura 28, tenemos las medidas del arco principal de la estructura del bastidor.

Panel de arco frontal y uniones

Para el diseño del arco frontal se toman en cuenta diferentes aspectos técnicos uno de ellos son los espacios interiores para el ocupante que debe tener lo suficiente para la articulación de piernas y brazos, y en cuanto a seguridad tener el espacio correcto para una evacuación sin problemas en caso de accidente o siniestro.

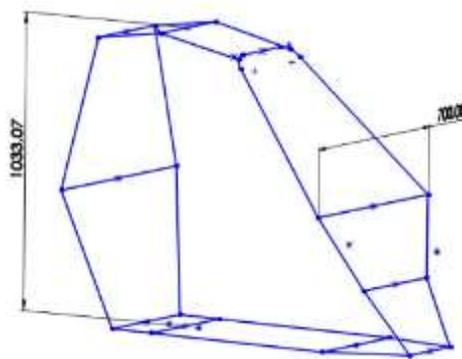
Figura 29*Panel de arco frontal*

Nota. En la figura 29, tenemos las medidas del arco principal y arco frontal de la estructura del bastidor.

Una vez obtenido el modelado de los arcos ya mencionados, estos deber ser adheridos mediante barras longitudinales a criterio del diseñador.

Figura 30

Unión de arcos



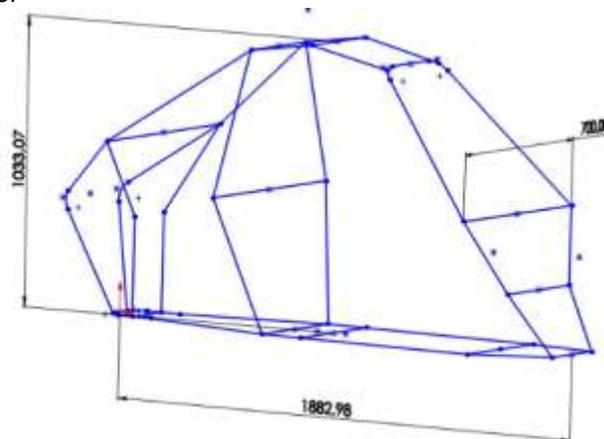
Nota. En la figura 30, tenemos las medidas del arco principal y arco frontal y la unión de estos arcos.

Paneles de semiarcos posteriores y uniones

Para el diseño del panel de semiarco posterior que será adherido mediante barras al panel frontal se tomara en cuenta las dimensiones para transmisión en los que se encuentran los puntos de anclaje.

Figura 31

Panel de semiarcos posterior



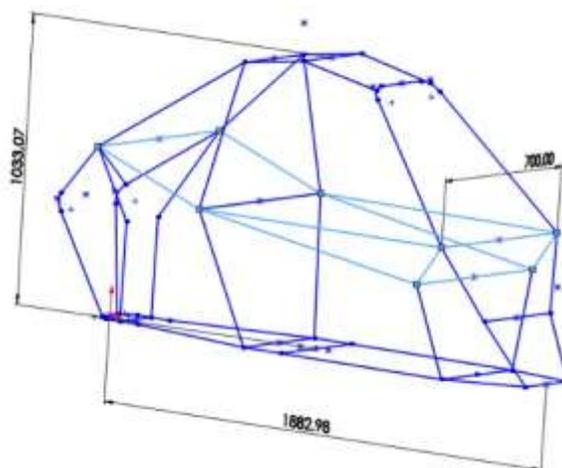
Nota. En la figura 31, se dibuja los semiarcos posteriores con sus respectivas uniones.

Tubos laterales

Una vez constituidos todos los paneles de arcos y semiarco posterior se diseña el modelado de los tubos laterales los cuales cumplen con las especificaciones de la normativa en cuanto a la resistencia y rigidez que posee el bastidor. Así mismo tiene el objetivo de brindar seguridad al ocupante y proteger los elementos que se encuentran del lado lateral.

Figura 32

Tubos laterales



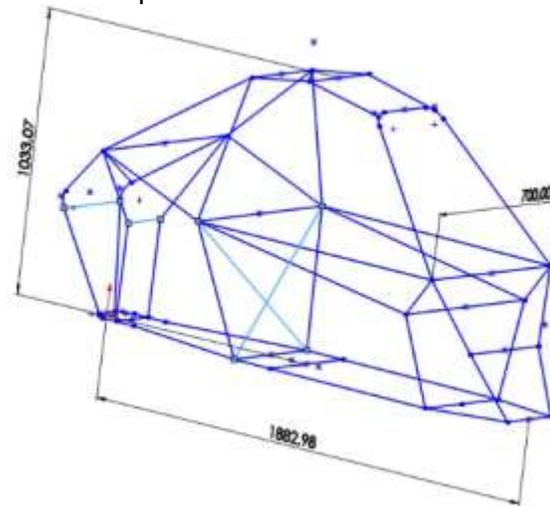
Nota. En la figura 32, se toma como referencia el croquis de los laterales.

Refuerzo del arco principal y semiarco posterior

Con el fin de aumentar la fiabilidad de la rigidez del bastidor y optimizar todo tipo de deformaciones en caso de colisiones se diseñan refuerzos de barras en los paneles de arco principal, esta barra es colocada en la parte inferior con el fin de aportar mayor seguridad a los componentes debido a que estos vehículos monoplasas tienden a sufrir incidentes en competiciones.

Figura 33

Refuerzos en arco principal y semiarco posterior



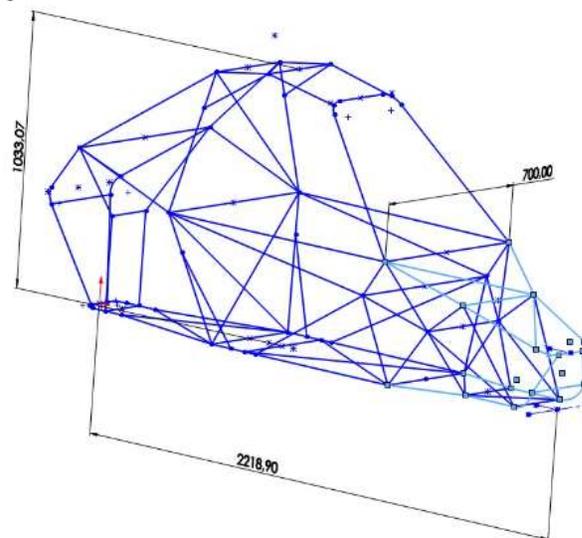
Nota. En la figura 33, en este paso se dibujan los refuerzos de arcos para que tome forma.

Panel de semiarco delantero

Como sabemos la parte delantera del monoplaza debe ser en su totalidad rígida con el fin de soportar una colisión y salvaguardar la seguridad de ocupante, en este caso el diseño es un panel de semiarco delantero para que cumpla con la rigidez necesaria.

Figura 34

Panel de semiarco delantero



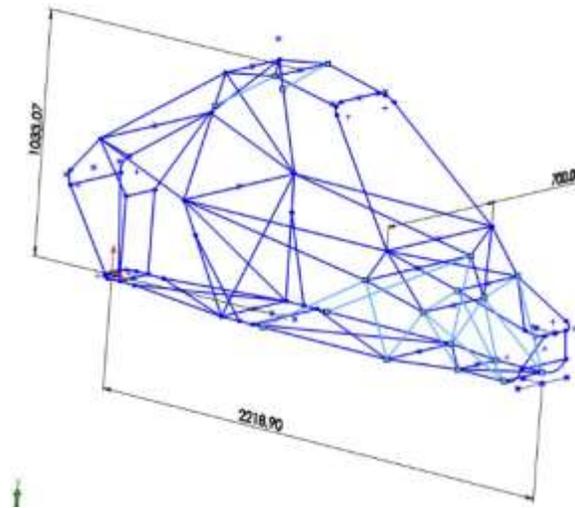
Nota. En la figura 34, es dibujado el semiarco delantero.

Refuerzo del bastidor parte lateral y parte inferior

En conclusión, para brindar la máxima seguridad que debe tener el ocupante dentro del vehículo monoplaza será reforzado el bastidor en el lado lateral y lado inferior colocando barras en los lados de semiarco frontal y posterior que ayudaran a la resistencia de la estructura, que se refiere a la parte inferior del bastidor.

Figura 35

Refuerzo lado lateral

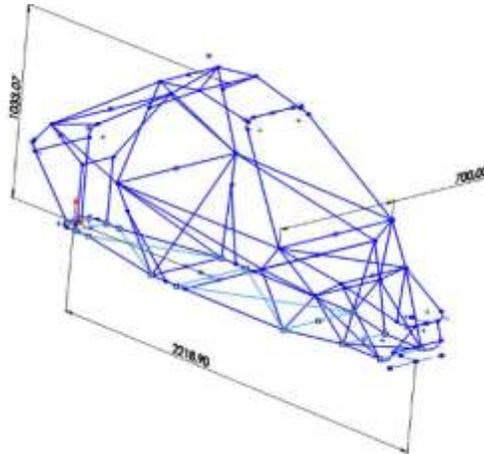


Nota. En la figura 35, en este proceso se refuerzan los arcos laterales y el arco inferior.

Por otro lado, se coloca barras en los paneles principales y semiarco posterior para aumentar la rigidez en esta parte delantera para asegurar la integridad del ocupante. Para después reforzar.

Figura 36

Refuerzo parte inferior



Nota. En la figura 36, en este proceso se refuerza arco inferior.

Factor de diseño

El factor de diseño ayuda a mantener la integridad del piloto ante un evento circunstancial como puede ser una colisión que pueda generar. Por esta razón la estructura tubular va a tender a absorber el impacto con el fin de desviar la mayor cantidad de energía que se produce en un impacto.

Puntos de anclaje

Para colocar los puntos de anclaje para la suspensión del monoplaza tipo Car Cross se deberán tomar en cuenta las siguientes características.

Elección del tipo de suspensión

Configuración doble triángulos superpuestos

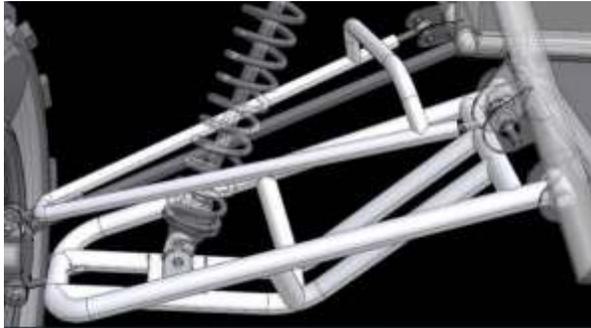
Esta suspensión de doble triángulos se utiliza en el Car Cross debido a que es el más utilizado en vehículos de competición, por la flexibilidad que tiene su diseño, está compuesto de dos brazos transversales que forman un triángulo en forma de (V) y se colocan uno sobre otro, estos van unidos al bastidor, este tipo de suspensión es de forma independiente y de forma libre porque deben tener una inclinación que sea igual o de diferente ángulo, y por ende tener la misma longitud tanto en vista frontal como en vista superior.

Trapecios

Con el uso de trapecios como se muestra en la figura 37, se permite la unión entre las ruedas y el bastidor principal, donde cada rueda está sujeta por dos tipos de trapecios, que tiene la función de aguantar el peso del conjunto de ruedas delanteras y traseras como se muestra en la figura 38.

Figura 37

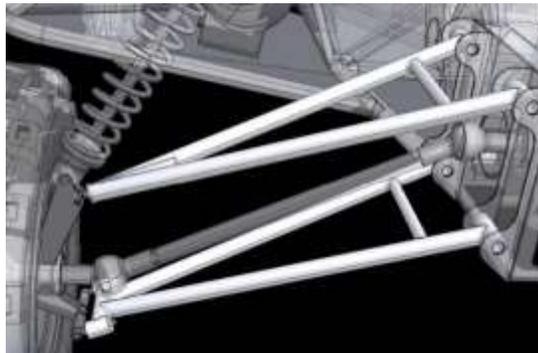
Trapecios Delanteros



Nota. En la figura 37, se indica como son los puntos de anclaje de la suspensión delantera.
Tomado de (Morocho, P., & Villacis, A., 2012)

Figura 38

Trapecios Posteriores



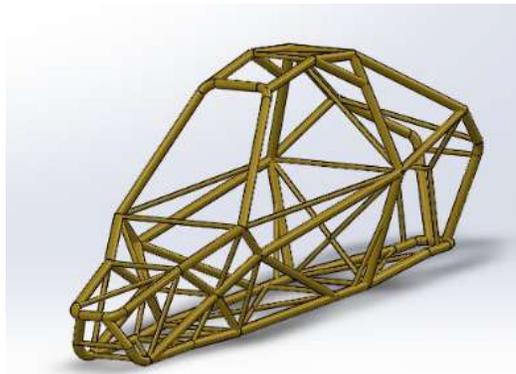
Nota. En la figura 38, se indica como son los puntos de anclaje de la suspensión posterior.
Tomado de (Morocho, P., & Villacis, A., 2012)

Diseño preliminar del bastidor

Una vez modelados los paneles de arco y semiarco con sus respectivos refuerzos para brindar la integridad del ocupante, se logra cumplir con el diseño principal del bastidor se efectúa la norma establecida por el reglamento, gracias al diseño modelado podemos proceder a realizar el estudio estructural con el fin de reducir errores de diseño y así conseguir un modelado óptimo que brinde seguridad al ocupante y de fácil fabricación.

Figura 39

Diseño preliminar



Nota. En la figura 39, se muestra como es diseñado un prototipo de bastidor Car Cross.

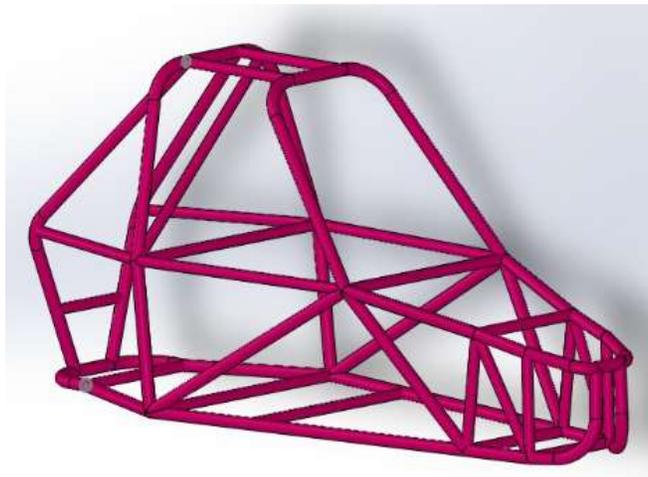
Modelos propuestos

A continuación, se ilustrará los modelos de prototipo de bastidor de un vehículo monoplace de tipo Car Cross los cuales poseen características distintivas de uno a otro.

Se realizaron tres propuestas de diseño para identificar cuál de estos será el óptimo que cumpla con parámetros de peso, rigidez torsional, resistencia a colisiones, peso y costo de fabricación teniendo como objetivo el cumplimiento de la norma.

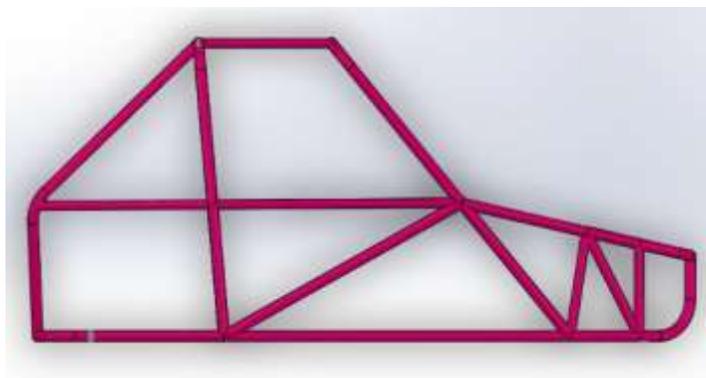
Modelado 1

Tomando como referencia el modelado 1 posee características de distancias que están correctamente establecidas para la distribución de componentes mecánicos como sistema de tracción, sistema de suspensión, dirección, asiento de copiloto y sistema eléctrico etc.

Figura 40*Modelo 1*

Nota. En la figura 40, se muestra como es el diseño del modelo 1.

Se debe tomar en cuenta que en ninguno de los diseños se deben dejar nodos libres debido a que en caso de colisión estos pueden ocasionar daños en el ocupante.

Figura 41*Modelo 1 vista lateral*

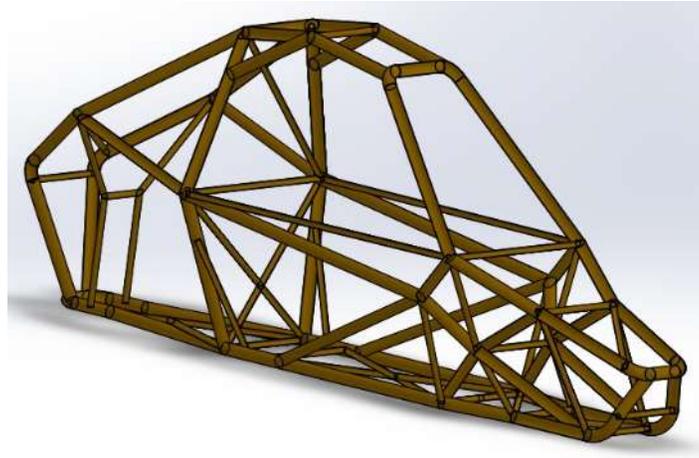
Nota. En la figura 41, este diseño en visualización lateral muestra nodos libres.

Modelo 2

Este prototipo de modelo posee características similares al modelo 1, pero en este modelado se eliminan los nodos libres brindando mayor seguridad en caso de impacto.

Figura 42

Modelo 2

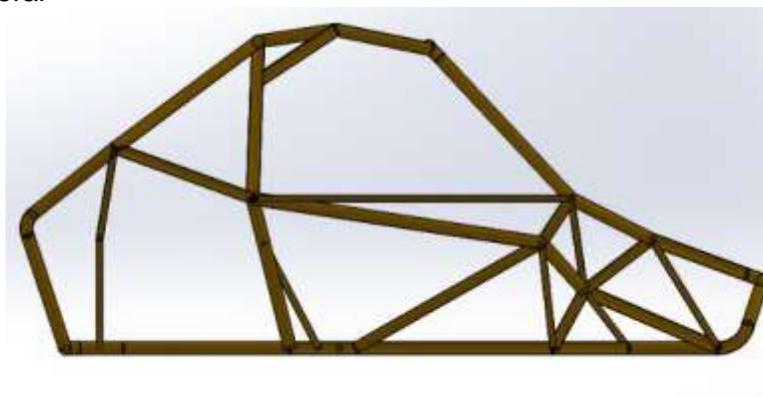


Nota. En la figura 42, se muestra como es el diseño del modelo 2.

La diferencia cabe resaltarla en la parte frontal, cambiando su arco delantero y por ende los refuerzos del mismo.

Figura 43

Modelo 2 vista lateral



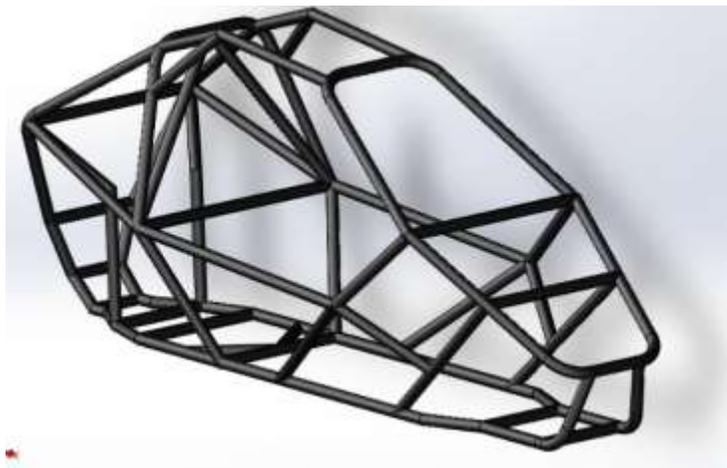
Nota. En la figura 43, se muestra el modelo 2 en vista lateral.

Modelo 3

En nuestro último modelado las características de diseño son completamente diferentes en cuanto a parámetros de dimensión, como también en sus paneles de arco, semiarco frontal y superior.

Figura 44

Modelo 3

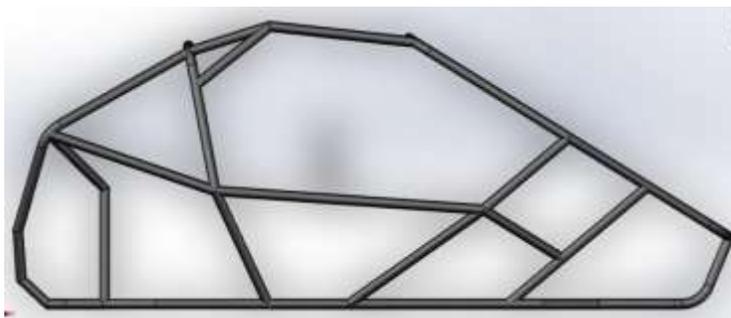


Nota. En la figura 44, se muestra el modelo 3 optimizado y sin nodos libres.

En cuanto a sujeción del motor el modelado 3 cambia en su totalidad los puntos en donde será colocado el mismo, y no existen nodos libres.

Figura 45

Modelo 3 vista lateral



Nota. En la figura 45, se muestra el modelo 3 en vista lateral.

Factor de seguridad y deformación de los prototipos de Car Cross

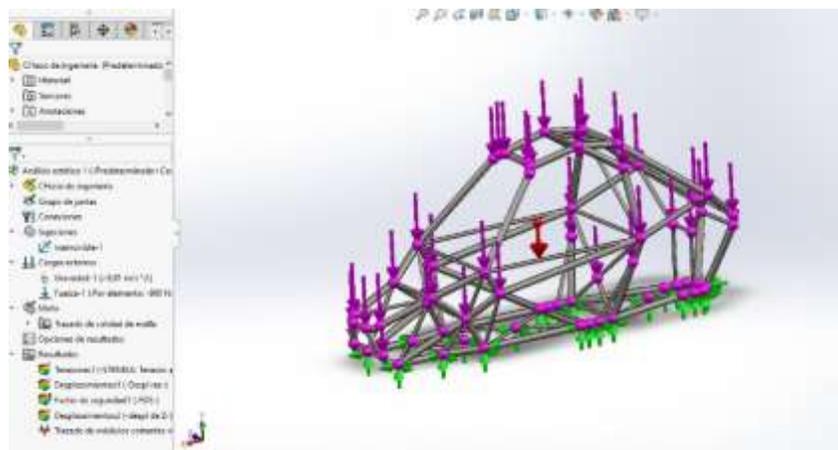
En el software CAD se selecciona el acero A500 que fue elegido previamente, se coloca las cargas estáticas en los puntos de conexión de la estructura y se procede a comparar el factor de diseño y deformación de cada modelado con el objetivo de seleccionar el óptimo bastidor al aplicarle una carga de 30000 N como se indica en la Tabla 9, capítulo 2.

Modelo 1

Se colocan las fuerzas en el modelo 1 para determinar su factor de seguridad como se indica en la figura 46.

Figura 46

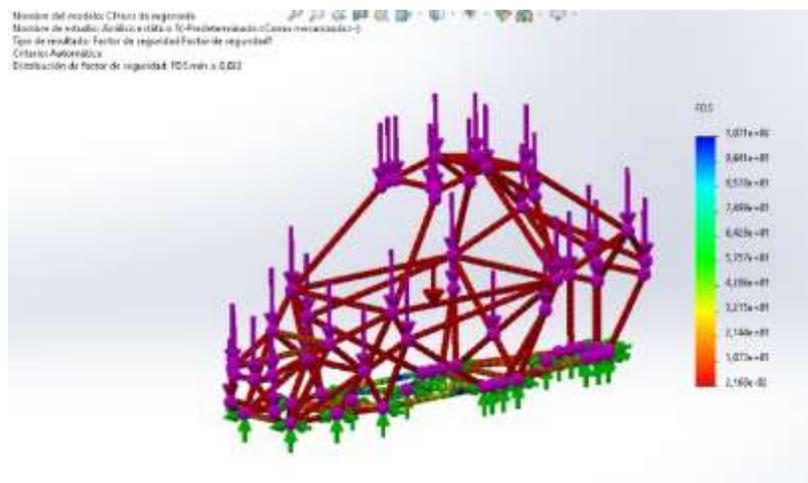
Aplicación de cargas estáticas al Modelo 1



Nota. En la figura 46, se indica la aplicación de cargas en el bastidor 1.

Figura 47

Resultado de factor de seguridad Modelo 1

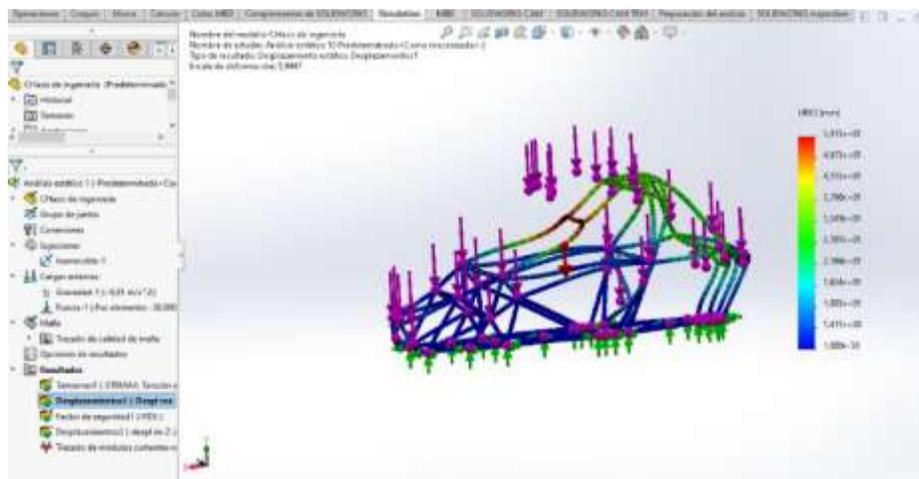


Nota. En la figura 47, se encuentra el factor de seguridad mediante el análisis computacional.

Al momento de realizar el análisis se obtuvo un resultado de 0.022 con respecto al factor de seguridad que es menor a 1 por lo que está fuera del rango de tolerancia para ser un modelo fiable.

Figura 48

Resultado de escala de deformación Modelo 1



Nota. En la figura 48, se muestra la escala de deformación en el modelo 1.

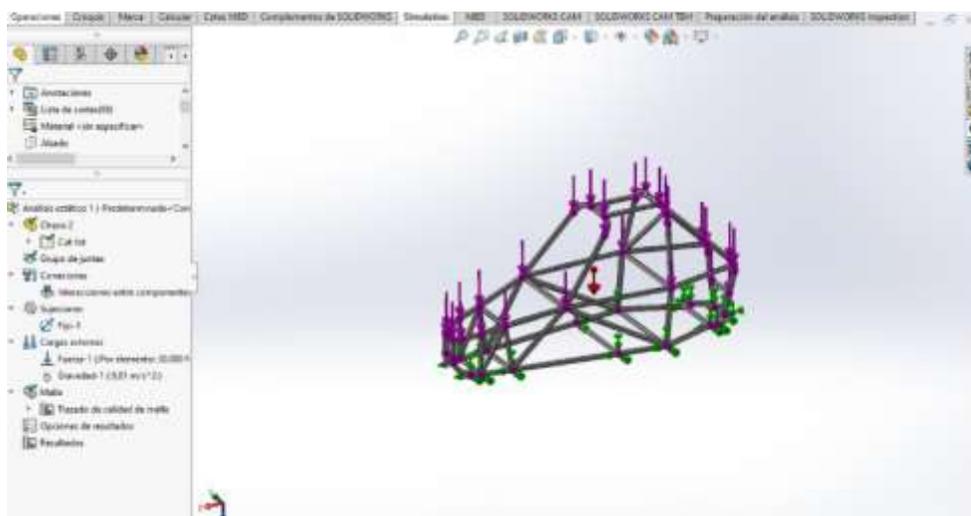
En cuanto a escala de deformación se obtiene un resultado de 5.9447 por lo que la deformación en caso de impacto es peligrosa y dañaría al ocupante no dando seguridad al piloto.

Modelo 2

Se colocan las fuerzas en el modelo 2 para determinar su factor de seguridad como se indica en la figura 49.

Figura 49

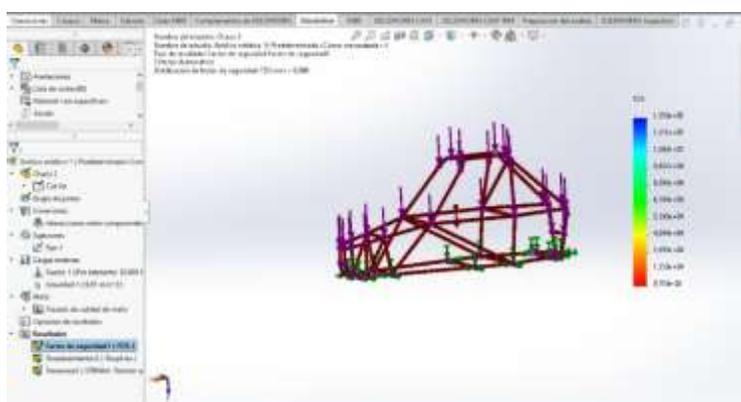
Aplicación de cargas estáticas modelo 2



Nota. En la figura 49, se muestra la aplicación de carga para el modelo 2.

Figura 50

Resultado de factor de seguridad modelo 2

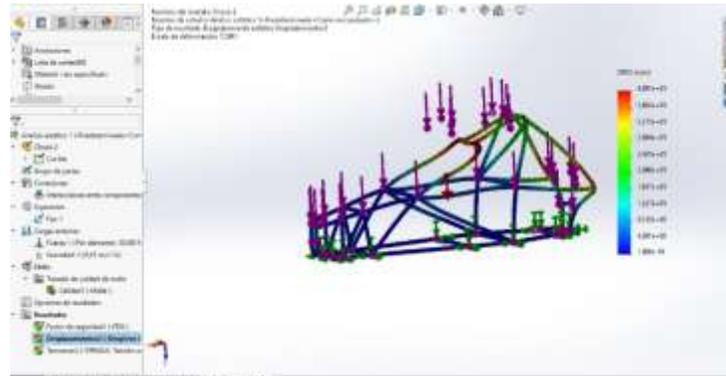


Nota. En la figura 50, se muestra el valor del factor de seguridad del modelo 2.

Al momento de realizar el análisis se obtuvo un resultado de 0.098 con respecto al factor de seguridad que es menor a 1 de igual manera que el modelo 1 por lo que también no es un prototipo a ser construido.

Figura 51

Resultado de escala de deformación modelo 2



Nota. En la figura 51, se muestra el valor del resultado de deformación del modelo2.

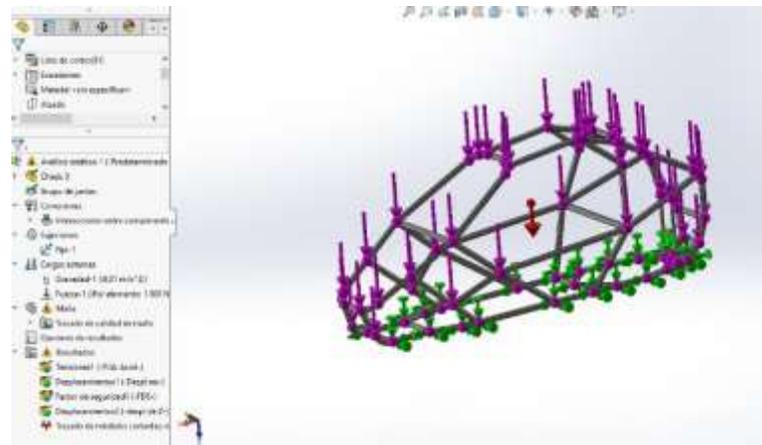
Finalizando con la escala de deformación se observa un valor totalmente fuera del rango con un valor de 7.3941 para deformarse por lo que el modelo queda descartado para su fabricación.

Modelo 3

Se colocan las fuerzas en el modelo 3 para determinar su factor de seguridad como se indica en la figura 52.

Figura 52

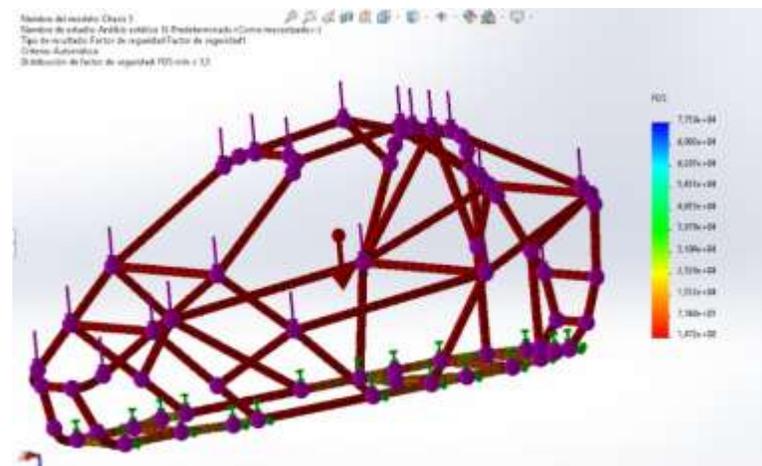
Aplicación de cargas estáticas modelo 3



Nota. En la figura 52, se muestra el valor de cargas aplicada al modelo 3.

Figura 53

Resultado del factor de seguridad modelo 3

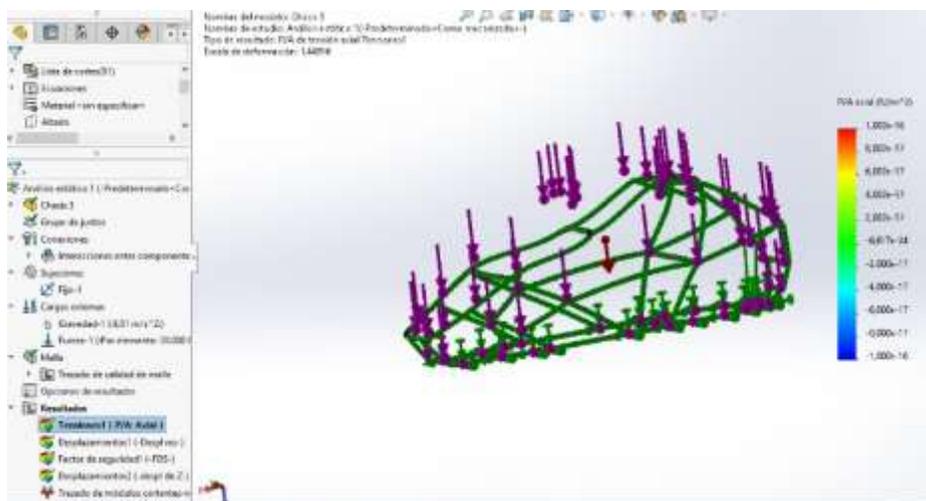


Nota. En la figura 53, se indica el factor de seguridad para el modelo 3.

Al momento de realizar el análisis se obtuvo un resultado de 1.5 con respecto al factor de seguridad siendo mayor a 1, concluyendo que el modelo es fiable.

Figura 54

Escala de deformación



Nota. En la figura 54, se evidencia el valor de escala de deformación del modelo 3.

Con respecto a la escala de deformación se obtuvo un resultado de 1.44916 se puede observar que en la totalidad de la estructura tiene una deformación uniforme por que brinda mayor seguridad al ocupante con respecto a los modelos anteriores.

Comparativa de escala de deformación de los 3 modelos

Tabla 13

Comparativa de modelos

	Categorías			
	Carga (N)	Material	Factor de Diseño ≤ 1	Escala de deformación (m) no debe superar 4.5mm
Modelo 1	30000	A 500	0.022	5.9447
Modelo 2	30000	A 500	0.098	7.3941
Modelo 3	30000	A 500	1.5	1.44916

Nota. En la tabla13, se indica los valores comparativos de los 3 modelos para determinar cuál de ellos es óptimo.

Después de revisar la tabla comparativa 13 podemos comprobar como el modelo 3 obtiene mejor resultado con respecto a los modelos iniciales cabe resaltar que a todos los modelos se les aplica la carga de 30000 N y el mismo material que es el Acero ASTM A500.

Modelado del bastidor seleccionado

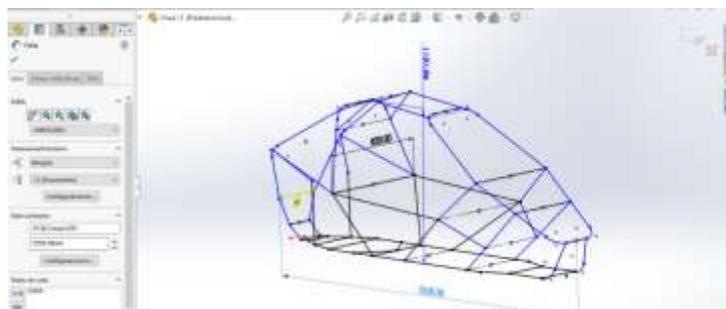
Una vez hecha la comparativa entre características, factor de diseño de los 3 modelos de prototipos de bastidor del vehículo monoplace de tipo Car Cross, se ha seleccionado el modelo 3. Se procede a presentar el plano 3D, selección de tubo y selección de material tomando las consideraciones anteriores.

Croquis del bastidor (Modelo 3)

Se procede a dar valores de dimensiones como altas, ancho y largo que va a tener nuestro modelo 3. Con referencia a las dimensiones máximas según la normativa RFEDA/FIA como se muestra en la tabla 11. Capítulo 2.

Figura 55

Valores de dimensiones del modelo

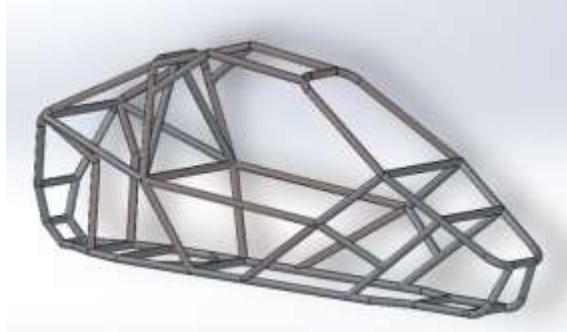


Nota. En la figura 55, se evidencia os valores de dimensiones en el modelo diseñado.

Una vez que se tiene el croquis en 3D con todos sus respectivos arcos y semiarcos de manera frontal, posterior y lateral, a su vez se le coloca los refuerzos transversales en cada uno de los arcos para una mayor seguridad al momento de una colisión, como se muestra en la figura 55, procedemos a colocar tubo circular de diámetro de $\varnothing 40\text{mm} \times 2\text{mm}$ en toda la estructura, se ha tomado como referencia las dimensiones de un motor de 600cc modelo MINE MOKE, el cual tiene dimensiones de (LxAxA) 404*418*563 mm.

Figura 56

Modelo Final seleccionado



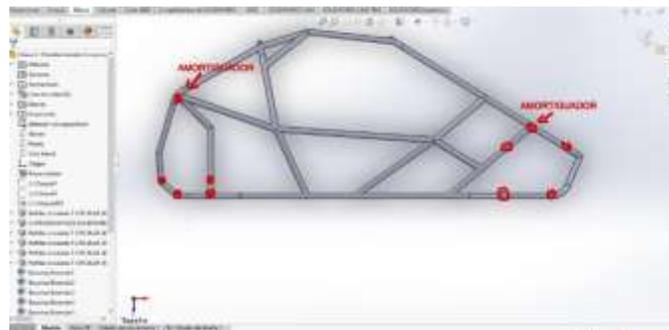
Nota. En la figura 56, se identifica el modelo seleccionado con su estructura tubular que corresponde al modelo final.

Puntos de sujeción para el modelo 3

Una vez dibujado el croquis en 3D del bastidor correspondiente al modelo 3 y colocado el tubo circular, se señala los puntos de anclajes delanteros y posteriores referentes para este modelo previo a la literatura colocada en el capítulo 2, sección suspensión.

Figura 57

Puntos de sujeción



Nota. En la figura 57, son identificados los puntos de sujeción en los cuales se coloca la suspensión tanto delantera como trasera en el modelo seleccionado.

Se definen los puntos de sujeción y son colocados en la parte delantera y posterior, contando con 4 puntos para la colocación de los trapecios y otro punto de anclaje para la suspensión en espiral.

Figura 58

Puntos de anclaje en el bastidor



Nota. En la figura 58, son identificados los puntos de sujeción en los cuales se coloca la suspensión tanto delantera como trasera en el modelo seleccionado.

Capítulo IV

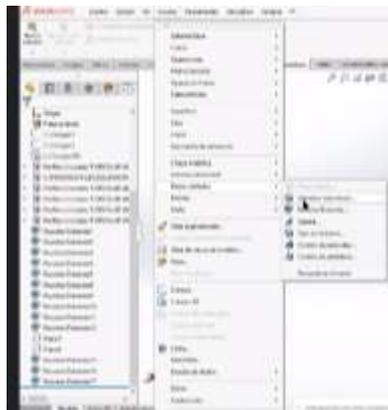
Análisis de resultados

Miembros estructurales y conexiones.

Mediante el software CAD al modelo realizado en 3D le asignamos la estructura de pieza soldada, gracias a esta función como se indica en la figura 59 la pieza puede establecerse como única y este proceso será repetido para cada pieza a soldar.

Figura 59

Miembro estructural



Nota. En la figura 59, mediante software CAD es identificado el comando de miembros estructural.

Figura 60

Aplicación de comando



Nota. En la figura 60, se evidencia como se coloca el tubo sobre el croquis en 3D que se ha dibujado en el software CAD.

Para que el comando de miembros estructurales tenga una efectividad del 100% el croquis del bastidor no tiene que tener ninguna línea fuera de las condiciones de diseño, y con este comando logramos obtener los perfiles tubulares.

Para la selección del tubo y la colocación en el software CAD tomamos en cuenta la tabla 3 capítulo 2 donde seleccionamos el tubo tubular de $\varnothing 40\text{mm}$ x 2mm.

Figura 61

Tubo tubular



Nota. En la figura 61, en esta parte es colocado en su totalidad la estructura tubular en el croquis 3D.

Uniones

Cuando culminamos todo el proceso de soldar el tubo del bastidor en ciertas ocasiones nos encontramos con algún tubo que sobresale de la estructura y para ello debemos arreglar dichos puntos de error, casi siempre estos los encontramos en nodos como podemos observar en la figura 62.

Figura 62

Error en unión de tubos

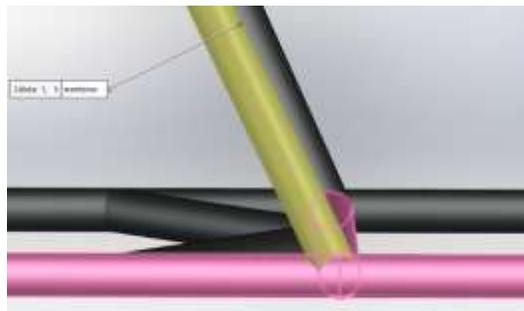


Nota. En la figura 62, como se muestra al momento de soldada de tubos en el software CAD existe interferencias en a uniones que deben ser corregidas.

Mediante el comando de (Recortar/extender) podemos corregir estas imperfecciones seleccionando como principal el tubo que se está sobrepasando y como puntos fijos los tubos por los cuales este se está cruzando y así obtenemos una soldadura sin imperfecciones.

Figura 63

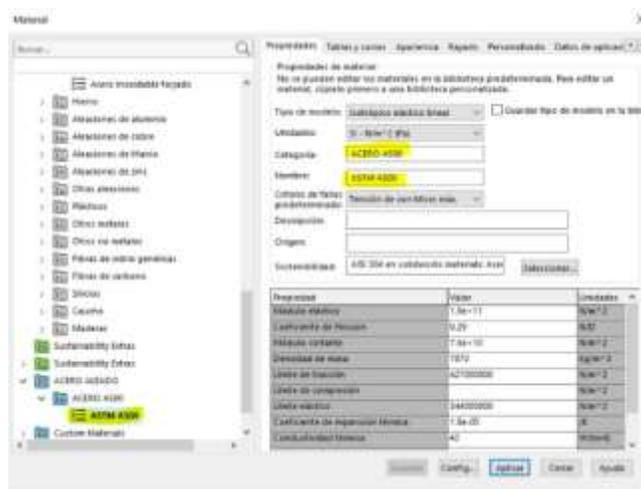
Comando seleccionado para la corrección de tubos



Nota. En la figura 63, mediante el comando recortar/extender son corregidas las uniones que existen en el bastidor.

Composición del tipo de material

Una vez ya elegido el modelo y como ya mencionamos en el capítulo 3 la comparación de tres tipos de aceros aleados, tabla 11, el material seleccionado es el acero ASTM A500 que posee características optimas en comparación con los otros dos.

Figura 64*Composición material*

Nota. En la figura 64, se selecciona el acero aleado A500 que nos indica en el estudio previo realizado que se aplica en la estructura tubular realizada en el software CAD.

El acero A500 fue elegido como material debido a su composición química, porque posee un mejor porcentaje en carbono y a su vez se caracteriza por una gran resistencia, también es favorable por la comercialización en el país y su bajo costo.

Análisis de resultados establecidos bajo la norma RFEDA/FIA

Estipulaciones para ensayos de resistencia en materiales

Para este capítulo tomamos en cuenta la normativa RFEDA/FIA que nos indica parámetros para el estudio de simulaciones de resistencia de material, así como el valor de la fuerza total que va a estar constituida por la masa del Car Cross más la masa del piloto (Esta masa es referente a la indumentaria total), se va a referir con la variable “W” que será multiplicada por un coeficiente dependiente al estudio a realizar.

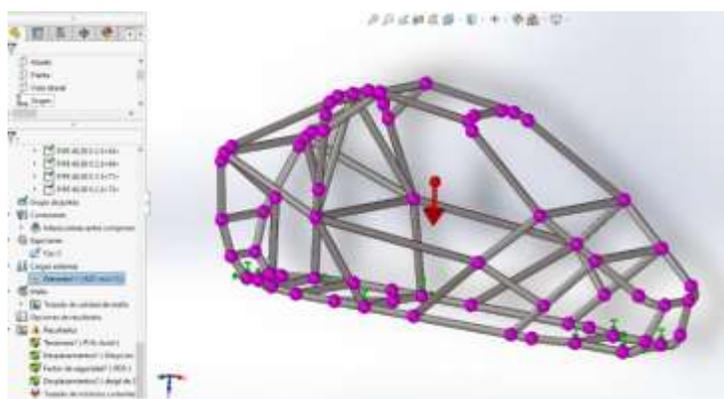
Para este estudio se necesita realizar cargas estáticas como la lateral, longitudinal y vertical, estas simulaciones nos permitirán cumplir con el reglamento para una futura homologación.

Limitaciones

El reglamento indica 6 puntos de fijación, los cuales fueron colocados en el bastidor para restringir su movimiento que no debe tener ningún tipo de desplazamiento ni rotación como se indica en la figura 65.

Figura 65

Limitaciones del bastidor



Nota. En la figura 65, se coloca las restricciones para por realizar el estudio de análisis estático.

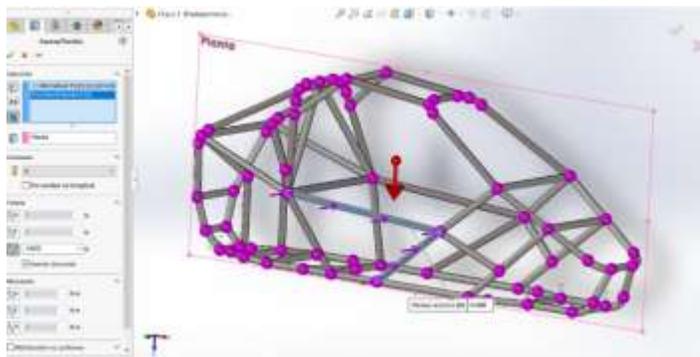
Carga Lateral

Para la aplicación de esta carga, debemos indicar los nodos de conexión como se muestra en la figura 66, donde la fuerza se aplica en las barras de la estructura lateral y es calculada mediante la fórmula que se indica en la tabla 9, sección parámetros para el análisis, se coloca el centro de gravedad.

Nota: $W=$ es equivalente al peso del bastidor + peso del piloto, aproximadamente un valor de 400. (Este valor va a ser referencial para los 3 tipos de cargas aplicadas)

Figura 66

Aplicación de carga lateral



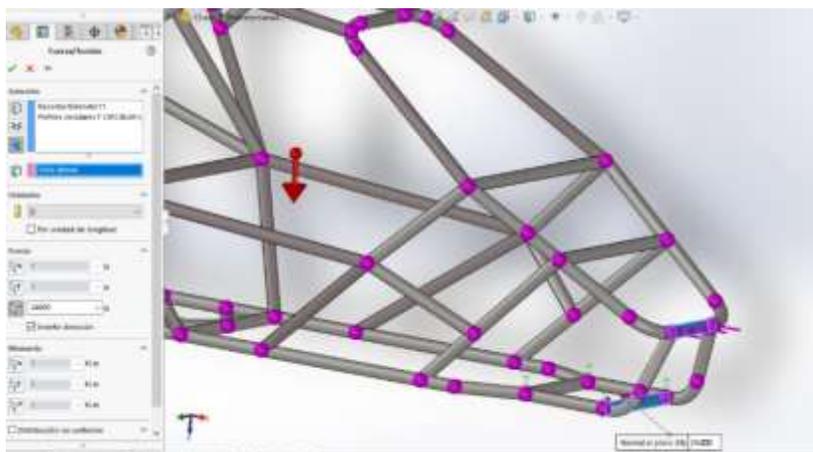
Nota. En la figura 66, es aplicada la carga lateral en soportes de perfil lateral del modelo seleccionado.

Carga Longitudinal

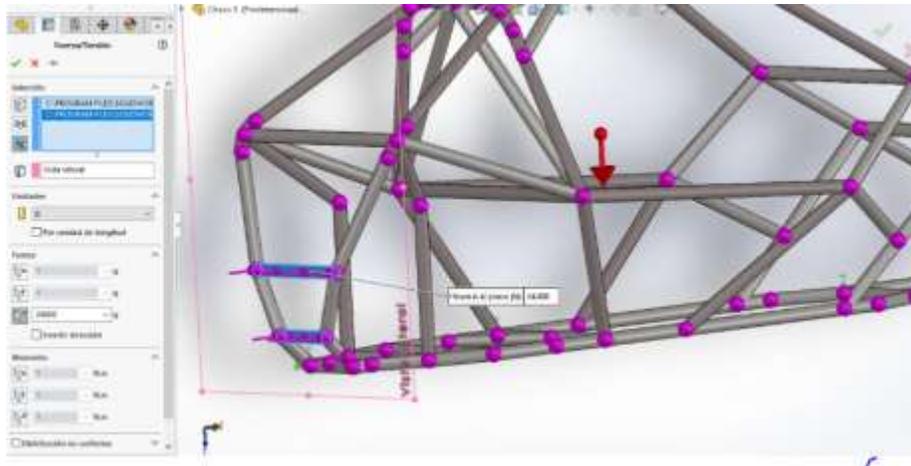
En esta sección las cargas son aplicadas en la parte frontal y en la parte posterior, que estará constituida por la ecuación que se puede observar en la tabla 9, sección parámetros de análisis. Estas cargas son distribuidas en uniformidad, como se indica en la figura 67 y 68.

Figura 67

Aplicación de carga longitudinal frontal



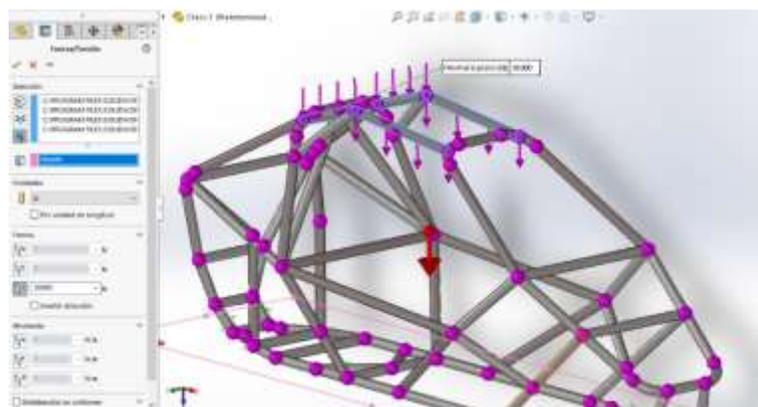
Nota. En la figura 67, es colocado la fuerza longitudinal frontal en los soportes delanteros de la estructura del bastidor seleccionado.

Figura 68*Aplicación de carga longitudinal posterior*

Nota. En la figura 68, es colocado la fuerza longitudinal posterior en los soportes traseros de la estructura del bastidor seleccionado.

Carga Vertical

Esta carga de forma vertical se aplica en todo arco principal de la estructura de nuestro bastidor seleccionado y la ecuación aplicada se encuentra en la tabla 9. Las cargas se en este punto se las observa en la figura 69.

Figura 69*Aplicación de carga vertical*

Nota. En la figura 69, se coloca las cargas de forma vertical sobre el bastidor para analizar su resultado.

Simulación MEF

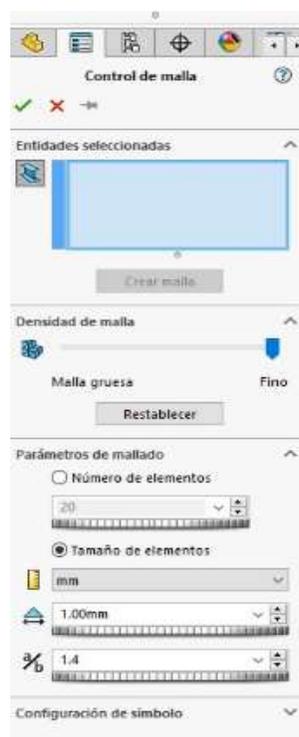
En este literal del estudio se realiza una simulación estructural del bastidor de tipo Car Cross modelo 3, por el método MEF, el estudio CAE pertenece al grupo MEF, este nos ayuda a realizar el estudio estático al aplicar fuerzas verticales, longitudinales y laterales sobre el bastidor monoplaza simulando impactos que pueden ocurrir en una competencia, así podremos determinar si la estructura se deforma o tiende a fatigarse sin realizar ensayos (destructivos).

Mallado del bastidor

Para la selección de mallado necesitamos tener un estudio de movimiento en nuestro software CAD, el cual indica el tipo de malla, el tamaño y la calidad que va a tener a la hora de la simulación de la estructura, como mencionamos en capítulo 2, consideramos el tamaño de malla de 1 mm de espesor para tener resultados óptimos y de exactitud en los análisis.

Figura 70

Tamaño de la malla



Nota. En la figura 70, se selecciona el tamaño de malla para un correcto análisis estático de cargas.

En la figura 71 podemos comprobar la cantidad de nodos existentes en nuestra estructura que es un total de 776, y un total de elementos de 664 con la calidad de malla de 1 mm.

Figura 71

Detalles de nodos

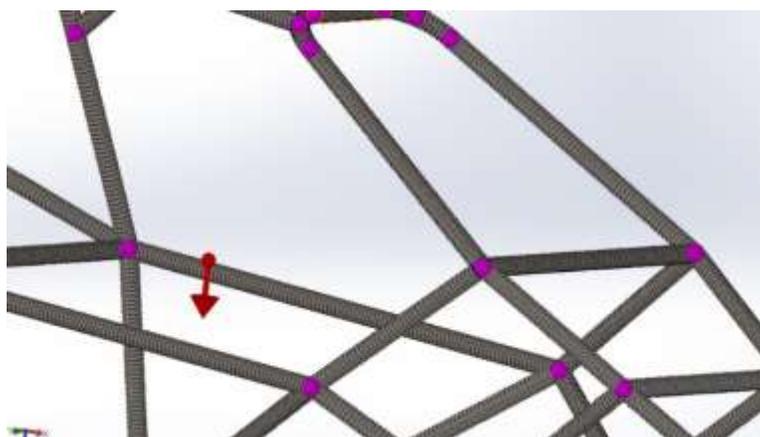
Malla Detalles	
Nombre de estudio	Análisis estático 1 (-Predeterminado<Como mecanizada>-)
Tipo de malla	Malla de viga
Control de malla	Definida
Número total de nodos	776
Número total de elementos	664
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss)	00:00:06
Nombre de computadora	

Nota. En la figura 71, es mostrado en detalle donde indica la cantidad de nodos y elementos de malla.

Como pudimos observar el tipo de malla es fino obteniendo mejores resultados y una mayor precisión a la hora de los análisis de rigidez como se indica en la figura 72.

Figura 72

Mallado del bastidor



Nota. En la figura 72, se encuentra mallado el bastidor con una tolerancia de 1mm de malla.

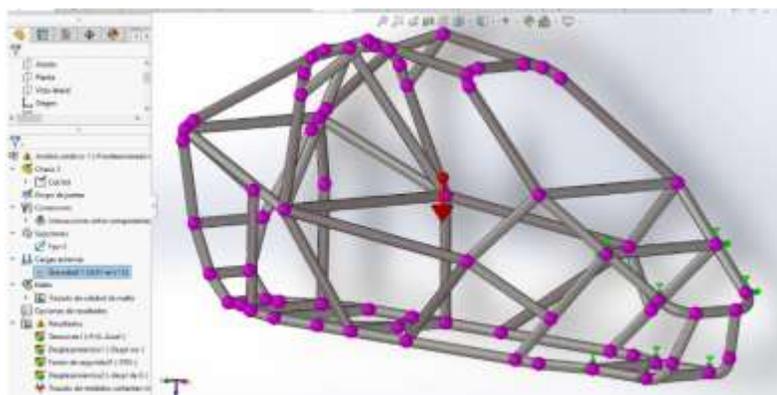
Resultado de la rigidez torsional del bastidor

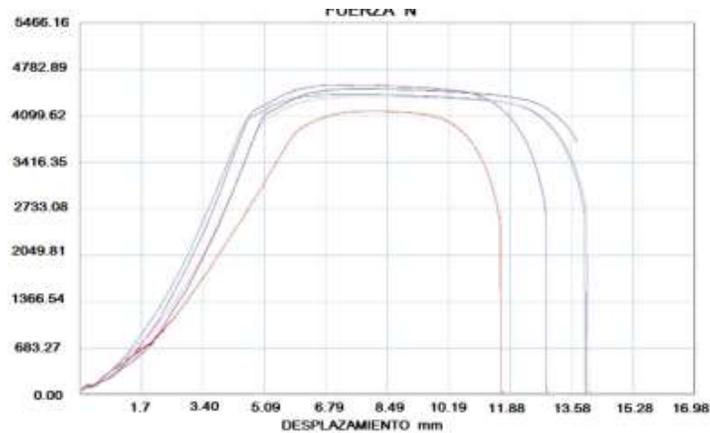
Para poder comprobar la rigidez torsional del bastidor monoplaça, debemos guiarnos de proyectos relacionados con el diseño de estructuras tubulares que no deben sobrepasar lo 8.5mm de deformación para vehículos monoplaça debido a que nuestra normativa RFEDA/FIA no indica que este estudio sea una obligación para la competición ni para la homologación de dicho bastidor, pero este estudio nos ayudara de una mejor manera para conocer el desempeño y dinámica en competencias.

Tomando como referencia estudios preliminares y ya realizados en otros modelos de bastidores Auto Cross se obtuvieron valores referenciales de par torsional que oscilan entre los 1000 – 2000 Nm, donde estos valores comprenden el mínimo y el máximo que el material se puede estirar, y si llegase a superar el valor de 2000 Nm la estructura se partirá.

Figura 73

Rigidez torsional modelo 3



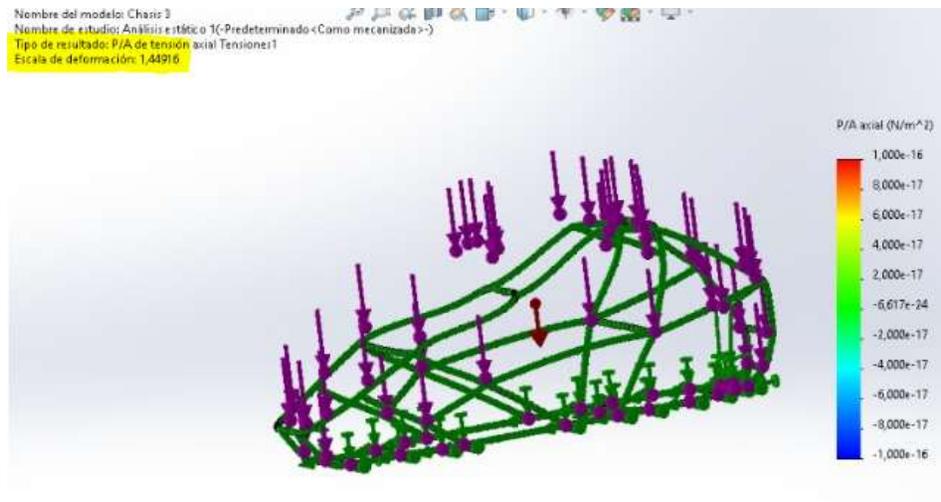


Nota. En la figura 73, es realizado el análisis para determinar la rigidez torsional y el desplazamiento de acuerdo a la deformación máxima del acero ASTM A500.

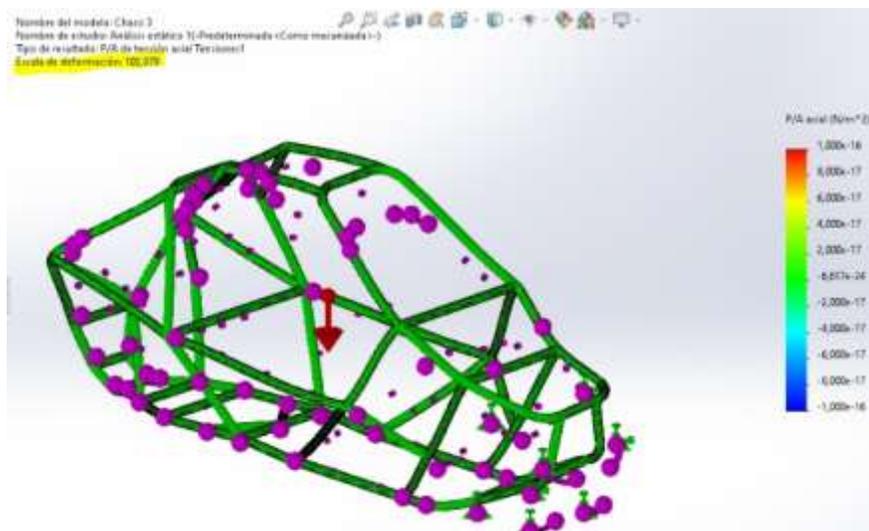
Los puntos aplicados para el par de torsión tienen como relevancia los puntos de anclaje de la suspensión, este dato se tomará en cuenta a la hora de realizar la rigidez torsional del bastidor modelo 3.

Cálculo de la rigidez torsional modelo 3

Con los datos obtenidos de un estudio referencial como podemos observar en el capítulo 3 de nuestro bastidor seleccionado, en el cual obtuvimos una deformación máxima de 1.44916 mm en las uniones de los puntos de anclaje delanteros, la parte que más sufre es la parte delantera con un valor de refuerzo de 102.87 MPa, y un valor mínimo de factor de seguridad de 1.5 como podemos observar en la tabla 13, capítulo 3.

Figura 74*Valor de deformación*

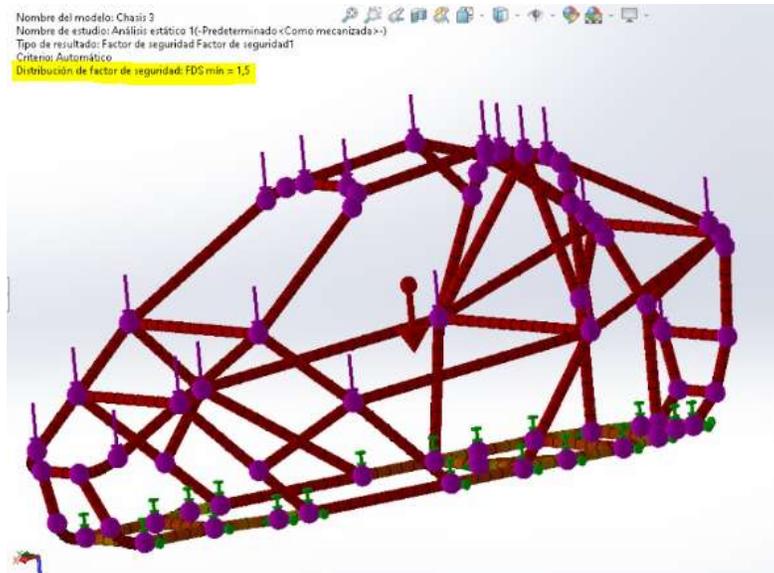
Nota. En la figura 74, se obtiene el valor de deformación gracias al software CAD para poder realizar el análisis torsional.

Figura 75*Valor de refuerzo*

Nota. En la figura 75, se obtiene el valor de tensión de deformación con la ayuda del software CAD.

Figura 76

Valor de factor de seguridad



Nota. En la figura 76, es identificado el factor de seguridad obtenido por el programa de software CAD.

Con los datos obtenidos mediante el estudio estructural del bastidor, podemos calcular la rigidez torsional, mediante ecuaciones descritas en el capítulo 2.

$$K = \frac{V_T}{\theta}$$

$$\theta = \text{Tan}^{-1}\left(\frac{Y_{max}}{\frac{d}{2}}\right)$$

d= Ancho de puntos de sujeción de la suspensión

$$\theta = \text{Tan}^{-1}\left(\frac{1.44916}{\frac{320}{2}}\right)$$

$$\theta = 0.5189 \text{ grados}$$

Valor_{Torsor} = 2000 Nm

$$K = \left(\frac{2000 \text{ Nm}}{0.5189}\right)$$

$$K = 38854,307 \frac{N.m}{Grados}$$

Se obtiene resultados favorables para el bastidor analizado porque posee un par torsor adecuado para la deformación que se exige en una competencia acompañada de un factor de seguridad mayor a 1 y los puntos de sujeción están correctamente ubicados.

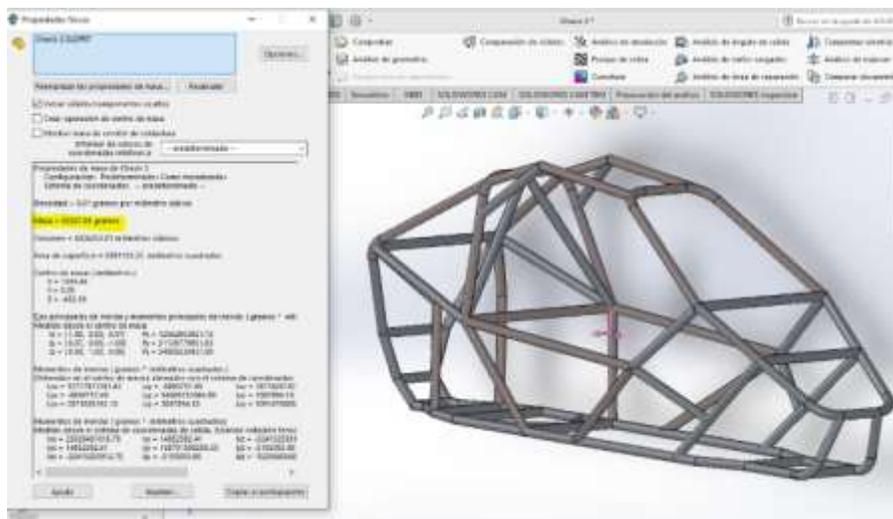
Datos obtenidos de los análisis y peso del bastidor

Peso Bastidor

Se obtiene el peso mediante el software CAD el cual nos ayuda para el análisis de cargas estáticas, debido a que el peso debe cumplir con el reglamento dándonos un resultado de 65 Kg.

Figura 77

Peso del bastidor



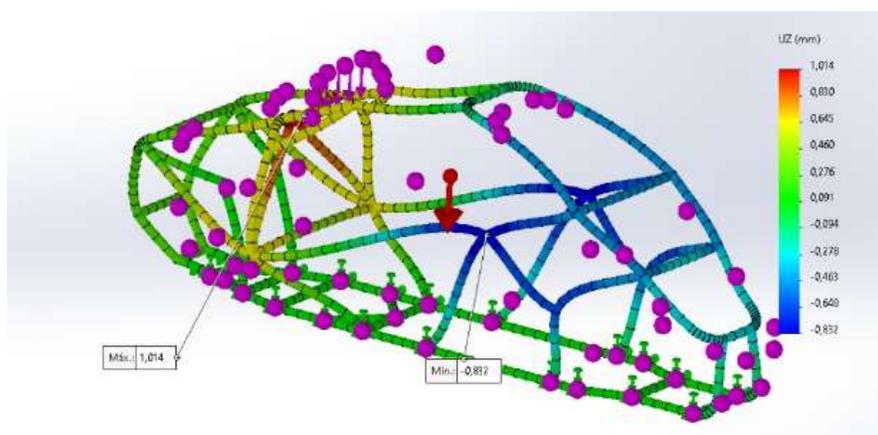
Nota. En la figura 77, se indica la masa de la estructura del bastidor con su respectivo material.

Dato de análisis de carga en forma vertical

Para este estudio de carga vertical que se aplica sobre el bastidor tiene un valor de 30000 N valor referencial al aplicar la ecuación descrita en la tabla 9 capítulo 2, la fuerza es aplicada uniformemente en el arco superior principal de la estructura.

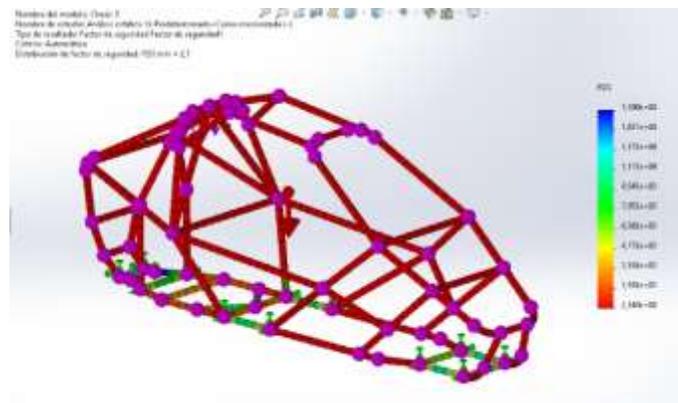
Figura 78

Valor de carga vertical



Nota. En la figura 78, simulación obtenida con carga vertical mediante el software CAD.

Obtuvimos un valor de desplazamiento máximo de 1.014mm, este resultado nos indica que es el corte máximo que puede aguantar la estructura como se puede observar en la figura 78 la concentración mayor de cargas está ubicado en el arco principal del bastidor y los soportes tubulares donde va situado el motor y el espaldar del copiloto.

Figura 79*Concentración de cargas*

Nota. En la figura 79, se identifica la concentración de cargas mediante el software CAD.

Obtuvimos también mediante el análisis de estudio un valor de factor de seguridad 2.1.

Datos de análisis de carga en forma longitudinal

Estudio delantero

Para el análisis de la fuerza delantera en el bastidor aplicamos una fuerza longitudinal de 24000 N este valor se obtiene de la ecuación de la tabla 9 capítulo 3, esta primera carga se aplicará en la parte delantera en los 2 refuerzos de la estructura inferior.

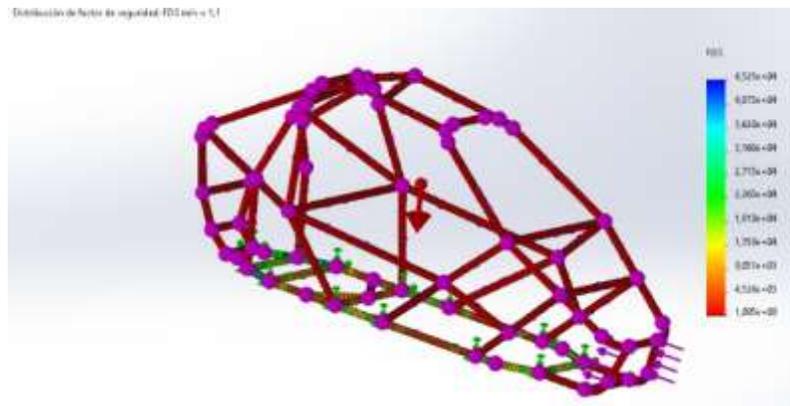
Figura 80*Máxima deformación longitudinal*

Nota. En la figura 80, es calcula la deformación máxima longitudinal.

Como resultado se obtiene que existe una deformación máxima de 0.49mm la cual afecta a la parte posterior que indica que el copiloto se mantendría con una buena seguridad sin que afecte nada a su integridad.

Figura 81

Factor carga frontal



Nota. En la figura 81, el factor de seguridad es cálculo mediante la carga frontal.

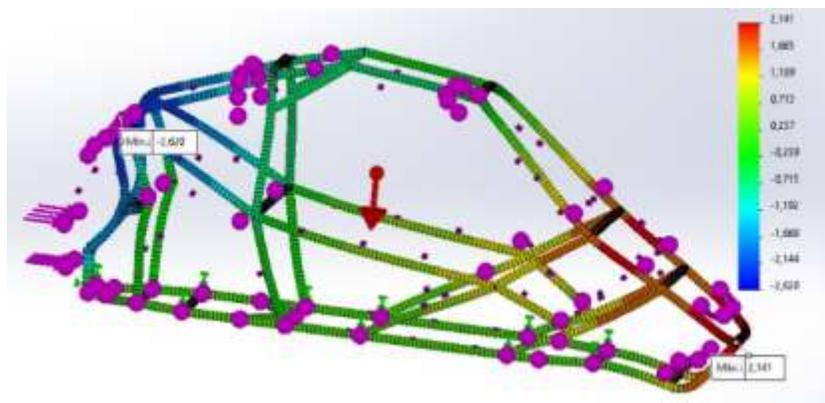
Se puede observar en la imagen 81 que obtuvimos un factor de seguridad de 1.1 esto indica que la estructura es regularmente segura debido a que por el mínimo es superior a 1.

Estudio posterior

Para el siguiente estudio de carga posterior se le aplica al bastidor una fuerza longitudinal de 24000 N, este valor se obtiene de la ecuación de la tabla 9, capítulo 2, la fuerza se debe aplicar en los refuerzos inferiores posteriores del bastidor como se muestra en la figura 81.

Figura 82

Cargas en la parte posterior

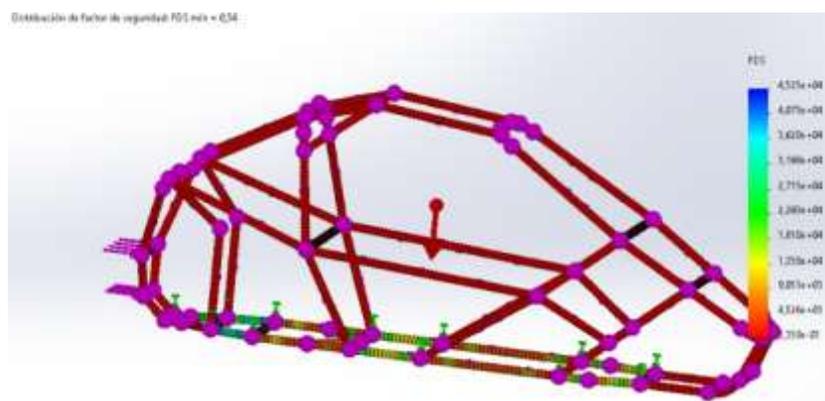


Nota. En la figura 82, se muestra la aplicación de cargas estáticas posterior

Como resultado se obtiene que existe una deformación máxima de 2.141 mm con respecto a la carga longitudinal posterior, dándonos una garantía de que el copiloto no sufrirá daños, debido a que toda la fuerza es repartida hacia la parte delantera, logrando disipar de una correcta manera la fuerza.

Figura 83

Factor carga longitudinal posterior



Nota. En la figura 83, se determina el factor de seguridad mediante carga longitudinal posterior.

Como resultado de este análisis se obtuvo un factor mínimo de seguridad con un valor de 1.54 que garantiza una buena resistencia con respecto a las cargas aplicadas.

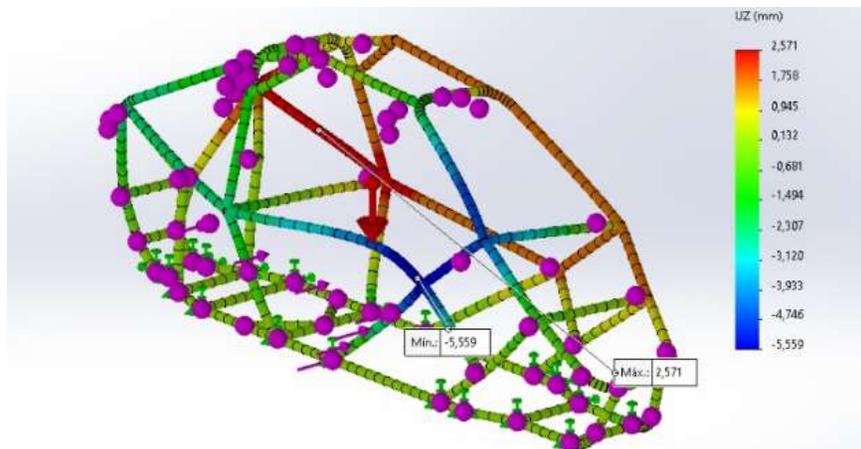
Datos de análisis de carga en forma lateral

Para finalizar con los estudios de carga, aplicamos la carga lateral que corresponde a 14000 N, este dato es obtenido mediante la ecuación de la tabla 9, capítulo 2.

Se aplicará la fuerza en dos soportes donde se sitúa el piloto como se observa en la figura 84.

Figura 84

Carga en forma lateral

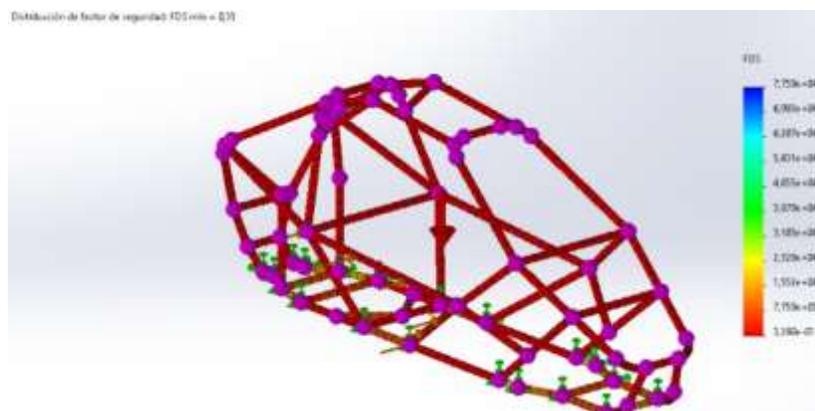


Nota. En la figura 84, muestra la carga estática de forma lateral.

Con el resultado obtenido tenemos un máximo de deformación de 2.571mm con el que podemos determinar que la estructura al impacto lateral resiste, pero tiende a fatigarse en puntos que poseen más carga de masa, pero siempre manteniendo la integridad del piloto.

Figura 85

Factor carga lateral



Nota. En la figura 85, se muestra la distribución del factor de seguridad con carga lateral.

Para finalizar con los resultados se calculó la distribución del factor de seguridad dándonos un valor de 1.33.

Tabla 14 Resultados de cargas

Tipo de carga	Valor de carga	Factor de seguridad	Valor de deformación	de Nodo referencial
Carga Vertical	30000 N	2.1	1.014 mm	Central
Carga Frontal	24000 N	1.1	0.49 mm	Central
Carga Posterior	24000 N	1.54	2.141 mm	Central
Carga Lateral	14000 N	1.33	2.571 mm	Parte Izquierda

Nota. En la tabla 14, se indica los resultados obtenidos al aplicar cargas estáticas.

Capítulo V

Marco Administrativo

Para proceder la siguiente investigación de manera conclusa y explicita, explicaremos algunos parámetros que ayuden a optimizar el diseño del bastidor así mismo herramientas que fortalezcan la fiabilidad y desempeño optimo este tipo son económicos recursos y tecnológicos.

Recursos Humanos

Estos procesos están directamente relacionados para la explicación del proyecto de titulación con el tema “Diseño de un prototipo de bastidor para un monoplaza de tipo Car Cross bajo la normativa RFEDA/FIA”.

Tabla 15

Recursos Humanos

	Descripción	Designación
1	Castillo Armijos, Kevin Livio	Investigador
2	Moyano Naranjo, Bryan Alexis	Investigador
3	Mena Mena, Euro Rodrigo	Colaborador Científico

Recursos Tecnológicos

Este método es utilizado para realizar el análisis estático del diseño de un bastidor de tipo Car Cross.

Tabla 16*Recursos Tecnológicos*

Numeración	Designación
1	Computador Laptop (Acer)
2	Software CAD
3	Paquete Office
4	Internet
5	Smartphone

Presupuesto

Herramienta utilizada para conocer el gasto total del proyecto de titulación sobre el tema de diseño de un bastidor de tipo Car Cross.

Tabla 17*Presupuesto*

No.	Denominación	Costo \$
1	Diseño del Bastidor	400.00
2	Capacitación CAD	300.00
3	Investigaciones y capacitaciones	400.00
4	Transporte y logística	300.00
5	Estudio Preliminar	200.00
6	Computador	800.00
	Total	\$ 2400.00

Capítulo VI

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- Al aplicar la normativa RFEDA/FIA se estableció el diseño del bastidor mediante un software CAD que permitió el dibujo en 3D, colocación de tubo circular con un diámetro de 40mm x 2mm de espesor. Se cumplió con las dimensiones máximas establecidas en el reglamento con unas medidas respectivas de largo 2558,38 mm, 820mm de ancho y 1131,06mm de alto, dando un resultado favorable para la elaboración del diseño.
- En este trabajo se evidencia la elección de un material para la fabricación del bastidor, se realizó una tabla comparativa de los aceros aleados utilizados para la elaboración del Car Cross mediante normativa, eligiendo el acero ASTM A500 que mediante porcentajes posee similares características ya sea tanto en porcentaje de carbono como su límite de elasticidad, así como la facilidad de obtención en el país y su fácil acceso económico en comparación al acero 25CrMo4 estipulado en la norma.
- Se utilizó un software CAD que permite aplicar las cargas que indica la normativa FIA, estas cargas estáticas son: verticales, longitudinales y laterales, la fuerza aplicada en cada carga está definida por un factor que comprende el peso del vehículo monoplaza más el peso del piloto teniendo un valor máximo de 400kg el cual es multiplicado por un valor que corresponde al número de nodos diseñando un bastidor resistente y con la capacidad de soportar las fuerzas estáticas.
- Con el análisis de estudio de las cargas estáticas para el modelo elegido se obtuvo valores de deformación y factores de seguridad, en este caso debe ser mayor a 1 para que cumpla con los parámetros de análisis. Obteniendo los siguientes valores de deformación vertical 1.0144mm con un factor de 2.1, deformación frontal 0.49mm con un factor de 1.1, deformación posterior 2.141mm con un factor de 1.54, deformación lateral 2.571mm con un factor de 1.33, siendo resultados favorables del diseño.

Recomendaciones

- Se puede realizar mayores estudios como el comportamiento elástico, análisis de fatiga, análisis vibracional y aerodinámico entre otros para lograr acercarse más a la realidad del análisis del bastidor y ver de mejor manera el comportamiento real del modelo estudiado.
- Realizar estudios donde se concluya con el análisis del bastidor de tipo Car Cross añadiendo sistemas de suspensión, frenos, motor, tracción, entre otros. Logrando así conseguir tener un estudio general que abarca con todas y cada una de las partes que complementa a un vehículo para la participación en competencias de Auto Cross.
- Una vez revisada la lista de sistemas que se podrían implementar en el vehículo monoplace de tipo Car Cross sería la factibilidad de incentivar a la comunidad universitaria de las carreras de ingeniería automotriz a sacar adelante proyectos donde crear eventos competitivos de esta modalidad de Auto Cross y así evidenciar que el deporte automovilístico es de suma importancia para el desarrollo del país.

Bibliografía

- Andino, A. T., & Zúñiga, J. S. (2012). *Estudio para el Diseño y Construcción de un Buggy para la Fórmula Automovilística Universitaria*,». (Tesis). Universidad Internacional del Ecuador, Quito.
- Corral, C. P., Caberta, R. Ñ., Morales, N. R., Ávila, R. L., Sáenz, A. G., & Valenzuela, R. A. (2015). *Evolución y tecnología del vehículo baja SAE*.
- Costales, J. d. (2011). *Simulación por el Método de Elementos Finitos*. (Tesis). Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría.
- Esain, M. L., Amurrio, M., & Sábada, S. (2014). *Diseño del chasis de un vehículo Car Cross*. (Tesis). Universidad Pública de Navarra, Pamplona.
- Fernández, D. (2011). *Diseño, Análisis Dinámico y Modelado del Tren Delantero de un Car Cross*. (Tesis). Universidad Carlos III de Madrid, Madrid.
- Fernández, I. M., & Latorre, J. I. (2017). *DISEÑO DE UN CHASIS TUBULAR PARA UN CARCROSS*. (Tesis). Universidad Pública Navarra, Navarra.
- Pérez, J. A. (2010). *Técnicas del Automóvil. CHASIS*. Madrid: PARANINFO.
- Pérez, J. M. (2011). *DISEÑO, MODELADO Y ANÁLISIS DINÁMICO DEL TREN TRASERO DE UN CAR CROSS*. (Tesis). Universidad Carlos III de Madrid, Madrid.
- Ramírez, A. J. (2010). *DISEÑO Y ANÁLISIS DE UN CHASIS TIPO CARCROSS MEDIANTE EL MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS*. (Tesis de Grado). UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID, Madrid.
- RFEDA. (27 de septiembre de 2019). Reglamento de Homologación de estructuras de seguridad. Obtenido de RFEDA:
<http://www.rfeda.es/documents/20185/776060/RH+ES+RFEA>

- RFEDA. (26 de agosto de 2019). REGLAMENTO DEPORTIVO. Obtenido de CEAX:
[http://www.rfeda.es/documents/20185/986217/CEAX+2019+REGLAMENTO
 + DEPORTIVO.pdf](http://www.rfeda.es/documents/20185/986217/CEAX+2019+REGLAMENTO+DEPORTIVO.pdf)
- Rodríguez, V. Á. (2018). *DISEÑO DE UN CHASIS PARA UN MONOPLAZA CAR CROSS DESTINADO A LA PRÁCTICA DEL AUTOCROSS*. (Tesis).
 Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Salazar, V. A. (2018). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CHASIS TUBULAR DE UN VEHÍCULO DE COMPETENCIA FORMULA SAE ELÉCTRICO*. (Tesis).
 Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca.
- Singh, R. P. (2010). *STRUCTURAL PERFORMANCE ANALYSIS OF FORMULA SAE CAR*. Jurnal Mekanikal, 31, 46-61.
- Terán, E. A., & Rivadeneira, R. A. (2013). *DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL BASTIDOR Y SISTEMA DE SUSPENSIÓN DE UN CAR-CROSS MOPLAZA SERVICIO TURÍSTICO*. (Tesis). Escuela Superior Politécnica del Ejército, Latacunga.
- FIA. (16 de septiembre de 2019). Appendix J 2019 - Article 279A. Obtenido de FIA EUROPEAN AUTOCROSS CHMPIONSHIP: <https://www.fia.com/es/regulation/category/102>
- FIA. (25 de septiembre de 2019). CROSS CAR CONCEP TECHNICAL REGULATIONS GUIDELINES. Obtenido de CEAX:
[http://www.rfeda.es/documents/20185/986217/CEAX+2019+ANEXO+9XC+Cr
 oss+Car+Technical+Regulations+Guidelines.pdf](http://www.rfeda.es/documents/20185/986217/CEAX+2019+ANEXO+9XC+Cross+Car+Technical+Regulations+Guidelines.pdf)
- RFEDA. (25 de septiembre de 2019). Reglamento técnico de Auto Cross. Obtenido de CEAX: [http://www.rfeda.es/documents/20185/986217/CEAX+2019+ANEXO+9+REG
 LAMENTO+TECNICO.pdf](http://www.rfeda.es/documents/20185/986217/CEAX+2019+ANEXO+9+REG+LAMENTO+TECNICO.pdf)
- Pulido, D.C (2014). *DISEÑO DEL SISTEMA DE SUSPENSION PARA UN VEHÍCULO DE FÓRMULA STUDENT*. (Tesis). Universidad Carlos III de Madrid, Madrid.

Beltran, A., & Ejarque, P. (2009). *DISEÑO DE UN VEHICULO TODOTERRENO*. (Tesis).
Universitat Politècnica De Catalunya, Catalunya.

Anexos