



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

**DISEÑO DE UN CHASIS DE KARTING KZ BAJO LA NORMATIVA CIK FIA 2023
PARA EL GRUPO ASU AUTOMOTRIZ DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO**

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

AUTOR: JOSEPH ISMAEL BARRIGA TONATO

TUTOR: CARLOS DAVID ÁLVAREZ BASANTES

Quito - Ecuador

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Joseph Ismael Barriga Tonato con documento de identificación N° 1721393906 manifiesto que:

Soy autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 20 de Febrero del año 2024

Atentamente,



Joseph Ismael Barriga Tonato

1721393906

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

Yo, Joseph Ismael Barriga Tonato con documento de identificación N° 1721393906, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: “Diseño de un chasis de karting kz bajo la normativa CIK FIA 2023 para el grupo Asu Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana en el Distrito Metropolitano de Quito”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Quito, 20 de Febrero del año 2024

Atentamente,



Joseph Ismael Barriga Tonato

1721393906

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Carlos David Álvarez Basantes con documento de identificación N° 0604240796, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE UN CHASIS DE KARTING KZ BAJO LA NORMATIVA CIK FIA 2023 PARA EL GRUPO ASU AUTOMOTRIZ DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO, Joseph Ismael Barriga Tonato con documento de identificación N° 1721393906, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción: Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 20 de Febrero del año 2024

Atentamente,



Ing. Carlos David Álvarez Basantes, Msc.
0604240796

DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto a mis padres, por su cariño incondicional, apoyo implacable y sacrificio inigualable. A mi familia y amigos, por su inspiración y entendimiento en cada etapa de este camino. A mis profesores, por su guía, sabiduría y comprensión que han fortalecido este proceso de aprendizaje.

Joseph Ismael Barriga Tonato

AGRADECIMIENTO

Mis sinceros agradecimientos a la Universidad Politécnica Salesiana, por brindarme la oportunidad de realizar este estudio y por proporcionarme los recursos necesarios para llevarlo a cabo.

Mi gratitud se extiende a mi director de tesis, Ing Carlos David Álvarez Basantes, por su orientación experta, paciencia y apoyo continuo a lo largo de este proyecto. Sus valiosas sugerencias y dedicación fueron esenciales para el progreso de esta investigación.

Joseph Ismael Barriga Tonato

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	11
ABSTRACT	12
INTRODUCCIÓN	13
PROBLEMA	14
Objetivo General.....	16
Objetivos Específicos.	16
Marco Teórico	16
CAPÍTULO 1	20
CARACTERIZAR LOS REQUISITOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN CHASIS DE KART KZ	20
1.1: Homologación.....	20
1.1.1 Homologación por Piezas	20
1.1.2 Condiciones para presentar una solicitud de homologación a la CIK-FIA.....	20
1.2 Pasos a seguir para la homologación.....	21
1.3 Calendario de procedimientos de homologación	21
1.3.1 Vigencia.....	22
1.4 Criterios de homologación para el constructor.....	22
1.4.1 Para chasis	22
1.5 Modelo de Chasis y Motor	23
1.6 Controles para la homologación	23
1.7 Limites a considerar para el fabricante	24
1.8 Material para el diseño del marco del chasis.....	24
1.8.1 Conformaciones generales.....	24
1.8.2 Descripción de los materiales y el equipamiento	24
1.8.3 Requisitos generales.....	24
1.8.4 Peculiaridades del material	25
1.8.5 Dimensiones y Especificaciones	25
CAPÍTULO 2	26
DISEÑAR LOS ELEMENTOS DEL CHASIS MEDIANTE SOFTWARE DE DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADOR	26
2.1 Aspectos Generales	26
2.1.1 Rigidez del chasis	26

2.1.2 Rigidez de torsión	28
2.2 Modelado del chasis	29
2.3 Modelado de la estructura principal	30
2.4 Modelado de las manguetas	36
2.5 Modelado de la base del eje trasero	39
CAPÍTULO 3	42
REALIZAR EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL CHASIS MEDIANTE SOFTWARE DE SIMULACIÓN ASISTIDA POR ORDENADOR	42
3.1 Establecimiento del método	42
3.1.1 fundamentos básicos del método de elementos finitos:.....	43
3.2 Procedimiento para análisis en ANSYS	44
3.3 Consideraciones de las pruebas	45
3.3.1 selección de materiales	45
3.3.2 Propiedades del acero	45
3.4 Beneficios del uso del software CAE	46
3.4.1 Costo y Tiempo	46
3.4.2 Decisiones	46
3.4.3 Optimización.....	46
3.5 Preprocesamiento del análisis.....	46
3.5.1 Importación de la estructura al software.....	47
3.5.2 Ensamble Importado al software Ansys	47
3.5.2 Mallado de la estructura	48
3.6 Restricción de cargas y puntos fijos en la estructura	49
3.6.1 Disposición de Puntos Fijos	49
3.6.2 Disposición de cargas para en análisis de rigidez a flexión	50
3.6.3 Disposición de cargas para en análisis de rigidez a torsión.....	51
CAPITULO 4	53
ANÁLISIS DE RESULTADOS DE ESFUERZOS Y DEFORMACIONES DEL CHASIS DEL VEHÍCULO KART BAJO LA NORMATIVA DE LA FEDERACIÓN INTERNACIONAL DE AUTOMOVILISMO	53
4.1 Análisis de resultados estudio de rigidez a torsión	53
4.1.1 Estudio de Von Mises	54
4.1.2 Estudio Factor de seguridad	55
4.2 Estudio de rigidez a flexión.....	56
4.2.1 Análisis de Von Mises	57

4.2.2 Análisis Factor de seguridad	58
CONCLUSIONES	59
RECOMENDACIONES	60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	61
Bibliografía.....	61
ANEXOS.	63

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Representación gráfica de la rigidez	27
Figura 2.2: Inercia de una sección tubular.....	28
Figura 2.3: Rigidez de torsión	29
Figura 2.4: Software CAD	29
Figura 2.5: Ilustración de crear nueva pieza	30
Figura 2.6: Planos de referencia.....	31
Figura 2.7: Líneas de referencia del diseño.....	31
Figura2.8:Líneas de referencia del modelo	32
Figura 2.9: Barrido de las líneas de referencia	34
Figura 2.10: Diseño chasis con todas sus cotas	34
Figura 2.11 Extrusión para apoyo de la mangueta	35
Figura 2.12: Redondeo de tubos.....	36
Figura 2.13: Extrusión para generar la geometría de la mangueta.....	37
Figura 2.14: Carenado de la pieza en ambos lados	37
Figura 2.15: Redondeo de aristas de la mangueta.....	38
Figura 2.16: Redondeo de los soportes de la mangueta	38
Figura 2.17: Diseño final de la mangueta	39
Figura 2.18: Base eje trasero	40
Figura 2.19: Base del eje posterior.....	41
Figura 2.20: Apoyo de la base en el chasis	41
Figura 3.1: Propiedades del acero estructural	46
Figura 3.2: Página de control software ANSY	47
Figura 3.3: Chasis completo	48
Figura 3.4: Mallado del modelado	48
Figura 3.5: Soporte base del eje	49
Figura 3.6: Mangueta Izquierda	50

Figura 3.7: Fuerza peso del piloto.....	51
Figura 3.8: Fuerzas aplicadas.....	52
Figura 4.1: Restricciones estructurales	53
Figura 4.2: Deformación total	54
Figura 4.3: Tensión de Von Mises.....	55
Figura 4.4: Estudio factor de seguridad	55
Figura 4.5: Estudio de flexión.....	56
Figura 4.6: Deformación total a flexión.....	57
Figura 4.7: Estudio Von Mises	57
Figura 4.8: factor de seguridad a flexión.....	58

INDICE TABLAS

Tabla 1.1: Dimensiones del armazón	25
---	-----------

RESUMEN

El presente proyecto se enfoca en el diseño de un chasis de acuerdo con la normativa CIK FIA (2023), el cual a su vez nos permita soportar las condiciones de uso, como las cargas del piloto y las fuerzas longitudinales y transversales que se pueden dar en condiciones de funcionamiento

Como primer paso comenzamos con una investigación bibliográfica de distintos tipos y modelos de chasis, pero a su vez rigiéndonos a la normativa estipulada, posteriormente se va a proceder con el moldeo del chasis con la ayuda del software Solidworks, respetando en todo momento las medidas máximas de cada elemento determinado por la CIK FIA, de esta manera se llegará a un modelo que este apto y cumpla con todos los lineamientos investigados.

Posteriormente mediante el apoyo de un software CAE, se van a realizar diferentes tipos de estudio como deformación a flexión y la deformación a torsión, haciendo uso del método de elementos finitos que nos indicará los esfuerzos y deformaciones a los que estará sometido el chasis.

Finalmente se evaluará los resultados obtenidos en los distintos estudios realizados, para comprobar si el diseño del chasis tiene la capacidad de soportar las distintas cargas y esfuerzos o si se requiere de algún tipo de refuerzo en algún elemento del armazón

Palabras Claves: karting, estructura, chasis, homologación

ABSTRACT

This project focuses on the design of a chassis according to CIK FIA (2023) regulations, which in turn allows us to withstand the conditions of use, such as pilot loads and longitudinal and transverse forces that can occur in operating conditions.

As a first step we started with bibliographic research of different types and models of chassis, but in turn we will proceed with the molding of the chassis with the help of Solidworks software, respecting at all times the maximum measures of each element determined by the CIK FIA, in this way we will reach a model that is suitable and complies with all the guidelines investigated.

Subsequently, with the support of CAE software, different types of studies will be carried out, such as bending deformation and torsional deformation, making use of the finite element method that will indicate the stresses and deformations to which the chassis will be subjected.

Finally, the results obtained in the different studies will be evaluated to check if the chassis design has the capacity to withstand the different loads and stresses or if any type of reinforcement is required in any element of the frame.

Keywords: karting, structure, chassis, homologation.

INTRODUCCIÓN

Crear un kart de acuerdo con las reglas de la FIA (Federación Internacional del Automóvil) significa seguir un conjunto de reglas y regulaciones establecidas para garantizar la seguridad y el rendimiento de un automóvil.

En general, construir un kart de la FIA requiere una cuidadosa selección de materiales, el diseño correcto y la construcción del marco y las piezas correctas. El chasis debe cumplir con las especificaciones marcadas por la FIA en cuanto a largo, ancho, alto y peso. Además, se deben observar las normas de seguridad al instalar elementos de seguridad como barras espirales y cinturones de seguridad. En cuanto al motor, debe cumplir con el reglamento de la clase en la que participará. Esto incluye restricciones en el tamaño del motor, la potencia y el consumo de combustible. La FIA también establece requisitos para los neumáticos, frenos, suspensión y otros componentes del kart. La seguridad y la eficiencia deben ser consideradas en todas las áreas de la construcción.

Una vez que se construye un kart, debe probarse y certificarse para garantizar que cumple con las regulaciones de la FIA. Estas pruebas pueden incluir mediciones de rendimiento del motor, evaluaciones de seguridad y pruebas en pista para garantizar que el kart sea seguro y cumpla con los estándares de rendimiento. Como resultado, el diseño de karts de la FIA requiere una atención meticulosa a los detalles y el cumplimiento de las normas y reglamentos establecidos para garantizar la seguridad y el rendimiento del vehículo.

PROBLEMA

La educación en América Latina ha sido un tema de preocupación durante décadas debido a su impacto en el desarrollo económico y social de la región. Según el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la educación en América Latina enfrenta desafíos como la falta de acceso a la educación, la baja calidad de la educación, la falta de inversión en educación y la desigualdad educativa (Banco Interamericano de Desarrollo, 2021).

Uno de los mayores desafíos es la falta de acceso a la educación. Según la UNESCO, aproximadamente 4 millones de niños y jóvenes en América Latina y el Caribe no van a la escuela (UNESCO, 2021). Esto se debe a factores como la pobreza, la discriminación y la falta de infraestructura educativa.

Además, la baja calidad de la educación es un problema importante. Según el Informe PISA de la OCDE, los estudiantes de América Latina tienen un bajo rendimiento en matemáticas, ciencias y lectura en comparación con los estudiantes de otros países (OCDE, 2019).

La falta de inversión en educación es otro de los problemas presentes. Según el BID, muchos países de América Latina invierten menos del 5% del PIB en educación, lo que limita la capacidad de los sistemas educativos para mejorar la calidad de la educación y reducir la desigualdad educativa (Banco Interamericano de Desarrollo, 2021).

El tema de la educación superior tiene un alto interés por el impacto en el desarrollo económico y social de la región. Según el Banco Mundial, la educación superior puede mejorar la calidad de vida de las personas, fomentar la innovación y aumentar la competitividad económica de los países (Banco Mundial, 2021).

Sin embargo, la educación superior en América Latina enfrenta desafíos significativos. Uno de los principales desafíos es la falta de acceso a la educación superior. Según el Informe de Brechas de Oportunidades de la Universidad de las Naciones Unidas, solo el 21% de los jóvenes en América Latina tienen acceso a la educación superior (Universidad de las Naciones Unidas, 2020).

El proyecto “ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL DE UN CHASIS DE KARTING KF4 BAJO LA NORMATIVA CIK FIA 2023 PARA EL GRUPO ASU AUTOMOTRIZ DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO” es una iniciativa que puede contribuir significativamente a la problemática de la educación superior en Ecuador. Este proyecto se enfoca en el diseño y construcción del bastidor de un kart, lo que implica la utilización de diversas habilidades que colocan en desafío los conocimientos del estudiante, que a su vez impulsan a desarrollar y/o fortalecer nuevas destrezas. La realización de este proyecto puede impulsar la educación superior en Ecuador.

El diseño de un chasis de kart es un proyecto que puede ser llevado a cabo por estudiantes universitarios, lo que les permitiría adquirir nuevas habilidades prácticas y teóricas en áreas como la ingeniería mecánica, la fabricación de piezas y el diseño de modelos. Además, este proyecto también puede fomentar la autoeducación, ya que los estudiantes tendrían que investigar y aprender sobre diferentes técnicas y materiales para poder construir el chasis de kart de manera efectiva que se adapte a los requerimientos de la normativa FIA.

Con el presente proyecto se busca ayudar a los estudiantes de la carrera de ingeniería automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana de la sede Quito Sur, a través del diseño del chasis de un kart bajo normativa CIK FIA 2023, plataforma de trabajo como primer paso a la construcción del kart, los estudiantes podrán continuar con el armado del kart implementando el resto de los sistemas que componen un vehículo de estas características.

Delimitación del problema. –

El chasis del karting es uno de los elementos fundamentales de la estructura ya que este se encarga de resistir los pesos de todos los sistemas auxiliares que contiene el karting, esto sucede ya que el karting carece de suspensión.

Cabe mencionar que la FIA no contiene con ningún apartado que se dedique al análisis de la estructura del chasis, generando un conflicto a la hora de diseñar estos tipos de

monoplazas, debido a eso este estudio va a considerar análisis estructurales de torsión y flexión en el armazón del monoplaza

La investigación se centra en esta ciudad y no aborda otras ciudades o regiones del país. Las mediciones y datos se recopilarán únicamente en los puntos designados dentro de la ciudad como son la Universidad Politécnica Salesiana (sede-sur)

Objetivo General.

Diseñar un chasis de karting kz bajo la normativa CIK FIA 2023 para el grupo Asu automotriz de la universidad politécnica salesiana en el distrito metropolitano de quito.

Objetivos Específicos.

- Establecer el marco teórico para el diseño de un chasis de kart KZ
- Diseñar los elementos del chasis mediante software de diseño asistido por ordenador
- Realizar el análisis del comportamiento estructural del chasis mediante software de simulación asistida por ordenador
- Análisis de resultados de esfuerzos y deformaciones del chasis del vehículo kart bajo la normativa de la federación internacional de automovilismo

Marco Teórico

El karting es un deporte que ha mantenido su esencia desde sus orígenes desde hace más de seis décadas. El nombre "kart" proviene del término inglés "cart" y se originó en Estados Unidos, donde la "C" se cambió a una "K" debido al uso común de esta letra. Art Ingels es conocido como el padre del karting, pues en 1956 creó el primer kart comercial en Glendale, California. El ensamblaje de varios objetos por parte de Ingels para crear el primer kart ha trascendido en la historia, y el deporte sigue siendo popular y emocionante hasta el día de hoy convirtiéndose en un verdadero auge. El kart se ha convertido en la representación más sencilla de un vehículo de competición en escala menor. (Faluga Racing, 2020)

Competición es un tema de interés para muchos aficionados al deporte de automovilismo, un kart es un vehículo en tamaño reducido diseñado sobre un bastidor rígido para un único ocupante el cual no lleva una carrocería, los sistemas y subsistemas de un kart son los mismos de un vehículo de tamaño completo donde se busca simplificar el uso de

componentes y crear un kart compacto de tamaño y peso reducido que pueda resistir las cargas a las que se someten durante una rodada por circuito.

El kart es el primer acercamiento al automovilismo profesional por ello se suele decir que la formación de un piloto parte en el karting, donde los aficionados logran desarrollar sus habilidades de maniobrabilidad y control desde tempranas edades, sin embargo, como toda disciplina está regulada y tiene sus propios reglamentos y normativas, para poder participar en el karting, es importante conocer las reglas más generales; la edad mínima para competir es de 15 años en la categoría de adultos y 8 años en la categoría infantil, y si el participante es menor de edad, un adulto debe firmar un documento en el que se aceptan las normas del circuito. Es obligatorio el uso de un casco protector adecuado que debe estar bien abrochado, y es necesario usar un mono de conducción para protegerse de posibles lesiones. Además, no se permite chocar o golpear a los demás participantes y se prohíbe el uso de ropa holgada. El calzado debe ser adecuado para la conducción, es importante que los brazos y las piernas estén en una posición semiflexionada para garantizar un buen control del vehículo. (Redacción Comercial, 2022)

La Federación Internacional del Automóvil (FIA) es el organismo rector del deporte del automovilismo a nivel mundial. Además de las disciplinas más conocidas como la Fórmula 1 o el rally, la FIA también es responsable de regular el deporte del karting. En este deporte, la FIA establece normativas y reglas para garantizar la seguridad de los participantes en competiciones a nivel nacional e internacional. A continuación, se describen las principales funciones de la FIA en el karting.

Federación Internacional del Automóvil (FIA)

La FIA es el ente regulatorio que establece las normativas para el karting a nivel mundial. Esto incluye las especificaciones técnicas para los vehículos y requisitos de seguridad para los pilotos, así como reglas para las competiciones y campeonatos. La FIA también establece las categorías de edad y peso para los pilotos. (FIA Karting, 2021)

Además de las reglas técnicas, la FIA también establece los requisitos para los circuitos de karting. Estos requisitos incluyen la anchura de la pista, el tipo de superficie, las barreras de seguridad y la iluminación. La FIA patrocina y organiza varias competiciones de karting a

nivel mundial. Uno de los eventos más destacados es el Campeonato Mundial de Karting de la FIA, que se celebra anualmente y atrae a los mejores pilotos de todo el mundo. (FIA Karting, 2021)

La FIA igualmente establece reglas para las competiciones a nivel nacional, incluyendo campeonatos nacionales y regionales. Estas reglas se aplican en todo el mundo para garantizar la coherencia en el deporte del karting, además, de las reglas y normativas, la FIA también se preocupa por la seguridad de los pilotos durante las competiciones estableciendo requisitos para el equipo de seguridad, incluyendo cascos, trajes, guantes y botas. (FIA Karting, 2021)

También, regula la cantidad de combustible que se puede llevar en un kart y las especificaciones para el combustible que se puede utilizar. Estas reglas se establecen para garantizar la seguridad de los pilotos y el cumplimiento de las normativas ambientales. El uso de neumáticos en las competiciones de karting. Las especificaciones técnicas para los neumáticos se establecen para garantizar que los vehículos tengan un buen agarre en la pista y para evitar situaciones peligrosas en la pista. (FIA Karting, 2021)

Para minimizar las situaciones peligrosas FIA asimismo regula la formación de los pilotos de karting estableciendo programas de formación para pilotos, incluyendo cursos de seguridad en la conducción, para garantizar que los pilotos tengan las habilidades necesarias para competir a nivel mundial, de igual modo se establece requisitos para los oficiales de carrera y otros miembros del equipo que trabajan en las competiciones de karting. Estos requisitos se establecen para garantizar que los eventos se desarrollen de manera segura y justa. (FIA Karting, 2021)

Tipos de chasis para karts

Los tipos de chasis se pueden catalogar de acuerdo con la geometría y forma del mismo, cada tipo de chasis tiene ciertas ventajas y desventajas, pero algo en común entre todos los tipos es que deben ofrecer cierta rigidez capaz de soportar las cargas a las que se someterá

el kart en pista, algunos de los parámetros relacionados a estos son la distribución de la carga, la resistencia, momentos de flexión, momentos de torsión, etc.

Chasis tubular

El chasis más utilizado en el karting. Está construido con tubos de acero en sección transversal rectangular o circular, que se ensamblan para formar el marco (bastidor) del kart. Este tipo de chasis es fácil de fabricar y reparar pues es ideal para proyectos de bajo costo. El chasis tubular está diseñado para proporcionar una base sólida y estable para el motor, las ruedas y los demás componentes del kart. Los tubos de acero utilizados deben proporcionar la resistencia y rigidez para soportar las fuerzas generadas durante la conducción. Los tubos se unen mediante soldadura. (Martin, 2006)

La característica más importante del bastidor es la rigidez pues si es demasiado rígido puede resultar en una conducción incómoda y una menor tracción en las curvas, mientras que un chasis demasiado suave puede resultar en una falta de estabilidad y una mayor vibración del kart, por lo tanto, el diseño del chasis tubular debe encontrar una estabilidad entre la rigidez y la flexibilidad para proporcionar un manejo preciso y una buena tracción en las curvas. Otro factor importante en el diseño del chasis tubular es la distribución del peso. El chasis debe estar diseñado de tal manera que el peso se distribuya uniformemente sobre las cuatro ruedas del kart. Esto se logra a través de una buena distribución de los componentes como el motor, el asiento y el tanque de combustible. (Martin, 2006)

El chasis tubular también puede ser ajustado para adaptarse a diferentes condiciones de la pista y estilos de conducción. Los puntos de montaje de la suspensión, la altura del asiento y otros componentes pueden ser ajustados para cambiar la elevación del centro de gravedad del kart y la distribución del peso. Estos ajustes permiten a los pilotos personalizar la configuración de su kart para acoplarse a las situaciones de la pista y optimizar el rendimiento del vehículo.

CAPÍTULO 1

CARACTERIZAR LOS REQUISITOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN CHASIS DE KART KZ

1.1: Homologación

La presente es la valoración Oficial realizada por la CIK-FIA de que un elemento ha sido fabricado en cantidades adecuadas según las características establecidas en las regulaciones para acreditar la categorización en los grupos impuestos en las regulaciones internacionales del karting (IKR) vigentes

Solo un constructor reconocido por CIK-FIA tiene la facultad de obtener una homologación CIK-FIA legitima. La petición de homologación debe ser entregada a la CIK-FIA por la ASN del país en el que se fabrica el elemento a examinar y esto debe conducir a la institución del respectivo formulario de homologación

1.1.1 Homologación por Piezas

Para cada elemento en particular, hay una junta de homologación cada 3 años, las peticiones H1 deben llegar a la CIK-FIA a través de la ASN de acuerdo con el calendario de protocolos de homologación vigente.

La validez de todas las certificaciones entra en vigor a partir del 1 de enero siguiente y con una durabilidad de 3 años

Los productos homologados deben estar puntuados en el catálogo del fabricante y ser objeto de un formulario representativo denominado “Formulario De homologación” sellado por la ADN y de acuerdo con el modelo establecido por la CIK-FIA

La homologación de un modelo solo puede ser valida en el grupo o categorías a las que está determinado

1.1.2 Condiciones para presentar una solicitud de homologación a la CIK-FIA

Para presentar dicha solicitud debe provenir de un ADN miembro de la FIA en nombre de un fabricante.

Entonces, el fabricante asume la responsabilidad de cumplir con todas las condiciones del código deportivo internacional, con los reglamentos técnicos y con los reglamentos internacionales también deberán cumplir con los reglamentos nacionales complementarios realizados por la ADN correspondiente, en relación con el procedimiento de establecimiento y transmisión a la CIK-FIA de las solicitudes de homologación expuestas por el fabricante

1.2 Pasos a seguir para la homologación

La CIK-FIA da a conocer el calendario de procedimientos de homologación, dicho calendario está compuesto por el plazo de presentación de solicitudes y envíos de formularios, la fecha de inicio de validez de las homologaciones requeridas

Elaborar el formulario de solicitud de homologación H1 y enviarlo de vuelta a la ADN acompañado de la tasa de solicitud de homologación, la tasa de solicitud de homologación será cobrada entonces por la CIK-FIA a la ADN y no hay devolución en caso de cancelación posterior o no validación de la homologación a continuación de todas las aprobaciones finales de las homologaciones los gastos de viaje de los diferentes inspectores se sumarán y se repartirán entre los solicitantes

Antes de proceder con las solicitudes, un ADN debe verificar que el formulario de solicitud este completamente completados y que los datos del formulario de solicitud cumplan con el reglamento

1.3 Calendario de procedimientos de homologación

- Formularios de solicitud enviados a la CIK-FIA a través de la ASN antes del 1 de agosto
- Números de homologación antes del 8 de agosto (nuevas homologaciones)
- Formularios de homologación antes del 31 de agosto (nuevas homologaciones)

- Inspecciones a partir del 15 de septiembre (nuevas homologaciones)
- Este proceso no acepta homologaciones tardías después del 31 de agosto

1.3.1 Vigencia

La vigencia de una homologación entra en acción a partir del 1 de enero, con una duración de 3 años

1.4 Criterios de homologación para el constructor

Cualquier constructor que pretenda cumplir una homologación CIK por primera instancia, que desee elaborar un nuevo concepto debe informar a la secretaria de la CIK seis meses antes de la fecha de cierre de la hoja de registro de solicitud para homologaciones

Para ser calificado como un fabricante aprobado por la CIK-FIA se debe cumplir con los siguientes criterios:

1.4.1 Para chasis

- Controlar y efectuar el diseño del chasis-armazón y de los fundamentales accesorios de seguridad como son los muñones, la columna de dirección, los pedales y delimitar las operaciones y gama de construcción
- Mantener un acercamiento a una institución de investigación adecuado a las funciones a realizar
- Tener los derechos de propiedad del chasis bastidor de sus elementos y de sus principales accesorios de seguridad
- Desarrollar en sus instalaciones las operaciones de plegado, ensamblaje y soldadura necesarias para poder fabricar el chasis-armazón y los principales elementos de seguridad
- Ejecutar las actividades de control de los distintos componentes y subsistemas de seguridad

1.5 Modelo de Chasis y Motor

Un prototipo se determina por un conjunto de prioridades, este compuesto por elementos semejantes que pueden ser reproducidos, La especificación de armazón, independientemente para chasis y motores iguales de una serie de manufactura distinguibles por un modelo determinado acorde al mismo diseño mecánico

Para los motores de combustión interna 125 y 250 con caja de transferencia, los lineamientos de caracterización que se diferencian entre dos modelos son la carrera (más allá de +/- 0,2 mm) o - el tipo de refrigeración (aire o agua) o - el tipo de admisión (válvula rotativa, válvula de láminas o puerto de pistón)

Para todos los motores de combustión interna de 125 y 250 cc sin cajas de transferencia, la conceptualización del modelo se aplica a los siguientes productos:

Orientación de la caja de transferencia, numero de conductos de transferencia, presencia de la válvula de potencia, cilindro completo

En el caso del armazón del karting a homologar, la especificación de características que diferencian modelos son: la distancia entre ejes

Las amplitudes exteriores delantero y trasero, el diámetro de los tubos fundamentales ($\varnothing \geq 21$ mm y $L > 150$ mm), el número de tubos primordiales ($\varnothing \geq 21$ mm y $L > 150$ mm)

1.6 Controles para la homologación

La secretaria de la CIK organiza inspecciones de acuerdo con la cantidad de equipos idénticos producidos y su conformidad con la solicitud de homologación, dichas inspecciones se realizarán cuando la CIK-FIA lo considere necesario o una vez que el presidente de la CIK-FIA lo solicite

La CIK-FIA elegirá al menos un Inspector y ningún Inspector deberá ser de la nacionalidad del país del equipo inspeccionado, ni deberá estar relacionado de ninguna manera con el Fabricante el fabricante tiene el deber de indicar a los inspectores que toda la reglamentación se encuentra en regla

La CIK-FIA se reserva el derecho de controlar las homologaciones ya existentes y por lo tanto puede solicitar información adicional a los fabricantes, si en un caso se determina que se han llevado a cabo declaraciones falsas, La CIK-FIA puede cancelar la homologación(DECISIONES DE LA CIKFIA DECISIONES DEL CIKFIA, s. f.)

1.7 Límites a considerar para el fabricante

Límites de desaceleración para ensayos de impacto frontal: desaceleración pico máxima: 15 g, Deformación del tubo delantero principal del chasis: no se permite la deformación de este tubo, Intrusión dinámica máxima: zona prohibida de 40 mm medidos por delante del contorno del tubo delantero principal del chasis(DECISIONES DE LA CIK--FIA, s. f.)

1.8 Material para el diseño del marco del chasis

1.8.1 Conformaciones generales

Un karting está conformado por el chasis o armazón, el motor y los neumáticos, este debe regirse a las siguientes normas globales:

- 1.- Posición de Mando: sobre el asiento, con los pies hacia el frente
- 2.- Numero de neumaticos:4
- 3.- Implementos: La utilización del titanio para la fabricación del chasis está prohibido

1.8.2 Descripción de los materiales y el equipamiento

- Chasis o armazón
- Partes fundamentales del armazón.
- Partes complementarias del armazón: con la finalidad de generar un chasis más sólido y seguro mediante el uso de tubos específicos y perfiles, sin embargo, dichos tubos y perfiles no deberán presentar ningún tipo de amenaza para el resguardo del piloto y de los demás participantes

1.8.3 Requisitos generales

- Diseño del chasis con acero tubular estructural con capacidad magnética de sección tubular, generando así un solo elemento con uniones soldadas que no podrán ser desmontadas
- La estructura no puede tener conexiones móviles
- La flexibilidad del chasis se determina bajo los parámetros de límites de elasticidad de la fabricación cilíndrica

1.8.4 Peculiaridades del material

Acero Estructural, basándose en los requerimientos de la normativa ISO 4948 y rigiéndose a la normativa ISO 4949

Está restringida las combinaciones de acero las cuales su material de masa, de alguna pieza de aleación sea \geq al 5%

1.8.5 Dimensiones y Especificaciones

Tabla 1.1: Dimensiones del armazón

Batalla	Mínimo: 101 cm
	Máximo: 127 cm
Vía	2/3 de la batalla
Longitud total	182 cm máximo sin carenado posterior o delantero
	210 cm Para circuitos largos
Ancho promedio	140 cm
Altura	Máximo: 65 cm respecto al suelo
	asiento excluido

Medidas para el diseño del chasis, **Fuente:** Joseph Barriga

CAPÍTULO 2

DISEÑAR LOS ELEMENTOS DEL CHASIS MEDIANTE SOFTWARE DE DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADOR

Para elaborar el chasis se usará un software CAD (SolidWorks) que nos será útil para el modelaje 3D de las diferentes piezas que conforman el chasis de un karting considerando todas las regulaciones impuestas por la FIA también se va a realizar un estudio del ángulo de convergencia, ángulo de caída

2.1 Aspectos Generales

Al momento de empezar con el diseño del chasis deberemos seguir un conjunto de procesos que nos van a servir como guías para llevar a cabo este proceso de la manera más adecuada posible

2.1.1 Rigidez del chasis

Se concreta que rigidez es la capacidad de un elemento estructural para soportar esfuerzos sin sufrir algún tipo de deformación o desplazamiento, La rigidez depende de los distintos esfuerzos que puedan existir en la estructura (Prendes, s. f.)

Formula cálculo de la rigidez

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

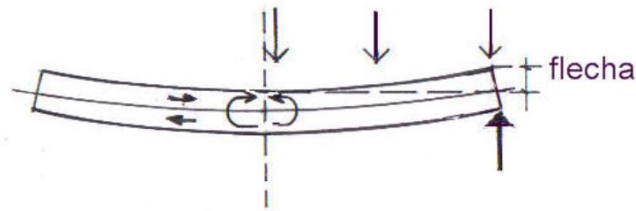
Donde:

K= Rigidez

D=Giro o Desplazamiento

F=Fuerza aplicada

Figura 2.1: Representación gráfica de la rigidez



Pandeo de un elemento sometido a flexión, **Fuente:** (Construmatica, 2008)

Para la conformación del diseño del chasis hay que tomar en cuenta principalmente una rigidez en especial como es la rigidez a la flexión de acuerdo con la gravedad, las diferentes masas que tiene que soportar el chasis dando paso a que en los tubos se genere un momento flector en diferentes partes del chasis del karting

La fórmula para poder determinar la rigidez de flexión para piezas prismáticas como lo son los tubos del chasis está determinada por:

$$K = \frac{M}{\theta} = \frac{EI}{L}$$

Donde:

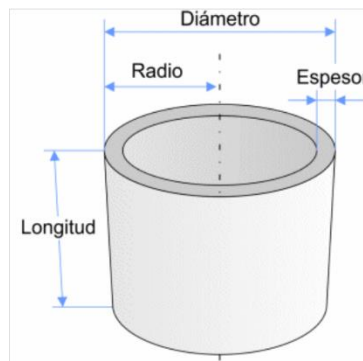
K= Rigidez

E= Modulo de elasticidad

I= Momento de inercia en la sección

M= Momento flector

Figura 2.2: Inercia de una sección tubular



Características de una sección cilíndrica, **Fuente:** (calculartodo, 2024)

2.1.2 Rigidez de torsión

Las diferentes cargas asimétricas que realizan un momento de torsión sobre la estructura, este tipo de cargas son del tipo verticales y/o horizontales esto va a depender del tipo de terreno por donde se conduzca el karting (Prendes, s. f.)

La rigidez de torsión para elementos prismáticos viene determinada por la siguiente formula:

$$K = \frac{T}{\theta} = \frac{GJ}{L}$$

Donde:

T: Momento de torsión

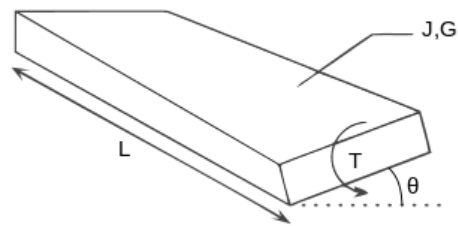
θ : Giro o ángulo

L: longitud del tubo

J: Modulo de torsión

G: Modulo de cortadura

Figura 2.3: Rigidez de torsión



Rigidez de una estructura sometida a esfuerzo de torsión, **Fuente:** (Torsionconstant, 2012)

2.2 Modelado del chasis

Para la conformación del chasis fabricado únicamente con tubos de acero se asistirá con el programa SolidWorks que es un programa de diseño CAD que da soporte para el diseño de diferentes productos a los distintos constructores además este software nos permite parametrizar las distintas funciones del modelado 3D.

Figura 2.4: Software CAD



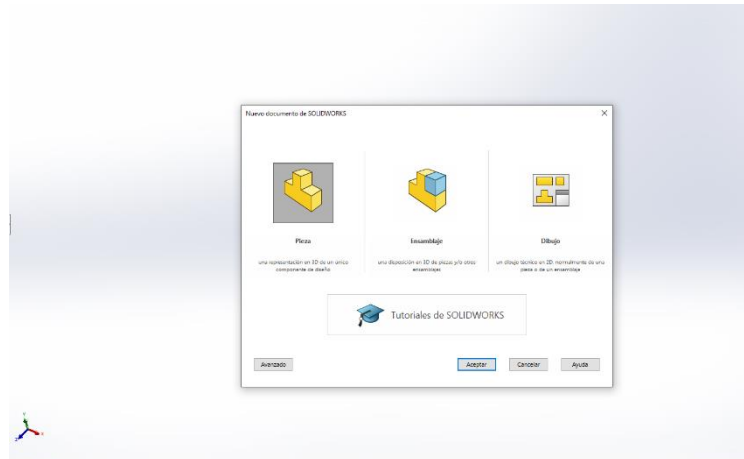
Software para modelar el chasis, **Fuente:** Joseph Barriga

Se creará la principal estructura del chasis como una pieza y así sucesivamente las demás piezas principales del chasis como son los apoyos de las manguetas y el apoyo de los ejes traseros para que después se cree mediante un ensamble el modelo final del chasis del karting. Se consideraron las diferentes dimensiones y espesor de los tubos más comunes

2.3 Modelado de la estructura principal

Arrancamos creando un archivo nuevo del tipo pieza como se observa en la figura 8 en el que posteriormente vamos a bosquejar la geometría básica del chasis y a continuación debemos seleccionar el plano en el que vamos a trabajar

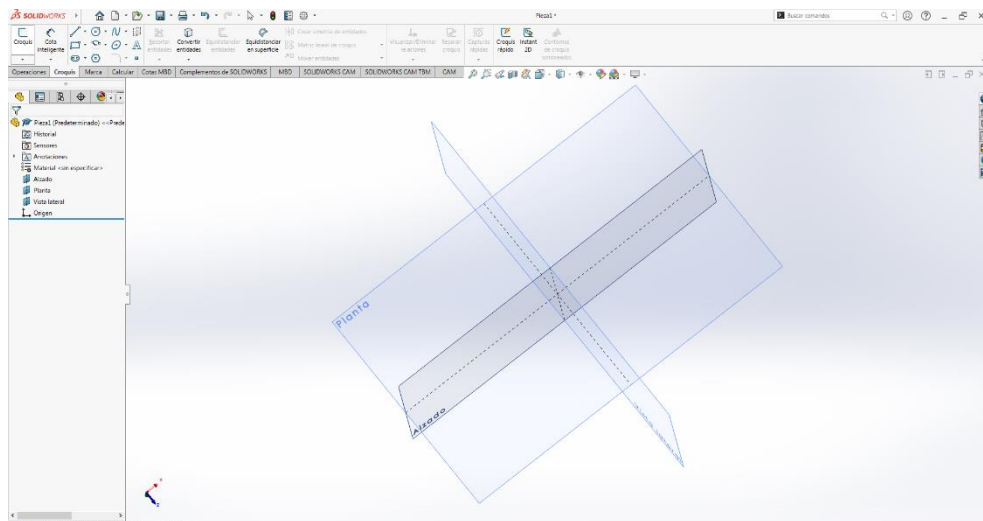
Figura 2.5: Ilustración de crear nueva pieza



Pantalla de inicio Solidworks, **Fuente:** Joseph Barriga

Posteriormente como nuestro diseño del chasis es de forma tridimensional y esto supone tener distintos planos en el espacio, nos toca elegir distintos planos referenciales también debemos tener referencias de puntos y ejes para que después se pueda generar el esbozo del chasis de la manera más adecuada posible

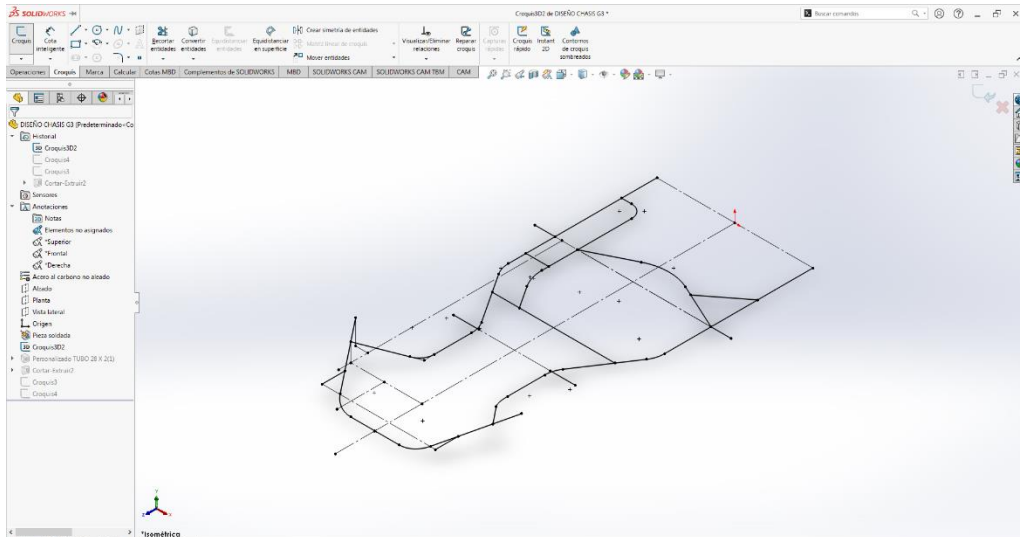
Figura 2.6: Planos de referencia



Croquis de ejes principales, **Fuente:** Joseph Barriga

Cuando ya tenemos que rol cumple cada tubo del chasis en el espacio a continuación haciendo uso de la función de bosquejo marcamos en el plano en el que deseamos trabajar para que posteriormente podamos generar o/y dibujar las líneas de referencia del diseño del chasis facilitando el modelado y logrando plasmar el diseño requerido

Figura 2.7: Líneas de referencia del diseño



Diseño del chasis mediante uso de líneas, **Fuente:** Joseph Barriga

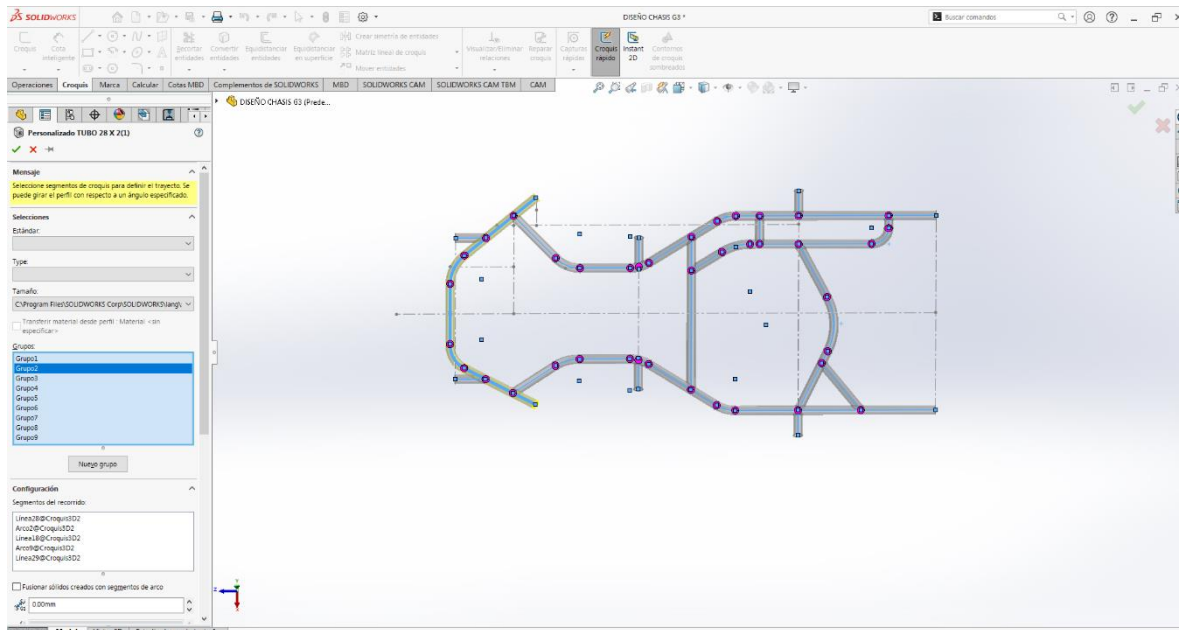
Para el modelaje que se va a realizar se ha seleccionado tubos de un diámetro de 30mm y un espesor de 2 mm sin contar con la pintura. Los diámetros homologados están como mínimo 21mm y el espesor de máximo 3mm por lo que cumplimos con estas características

No se modelará los anclajes ni soportes del asiento ni del depósito de combustible por los siguientes fundamentos

- El proyecto se basa en el diseño y el análisis de un chasis y al no obtener y/o trabajar con otros componentes con cotas homologadas no podríamos implementar dichos soportes
- Estos componentes no desempeñan ninguna función estructural por lo que a la hora del cálculo estructural estos soportes tendrían que ser suprimidos para optimizar los distintos recursos de cálculo estructural

Para la elaboración de los tubos usamos la función de barrido, para ejecutar el uso de la presente herramienta se debe seleccionar cada una de las líneas de referencia para emplear la trayectoria de barrido del material después de dicho proceso se tiene que definir la sección del barrido a continuación se tiene que definir el diámetro del barrido del tubo cuyo diámetro es de 30mm esto se debe definir antes de crear el barrido para no generar ningún tipo de inconveniente a la hora de generar el material

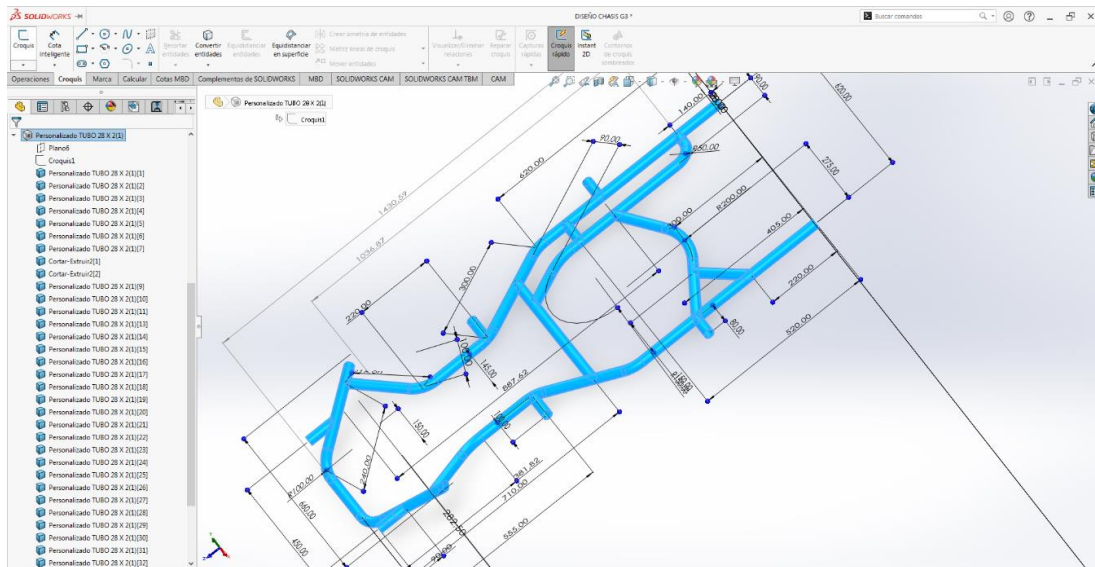
Figura 2.9: Barrido de las líneas de referencia



Vista superior del diseño del chasis, Fuente: Joseph Barriga

Una vez realizado el barrido de cada uno de los tubos tomando en cuenta cada una de las características específicas de los mismos se obtendrá el diseño del chasis previo a este proceso se debe referenciar cada una de las cotas realizadas para que el modelo no pierda su estructura principal o se deforme

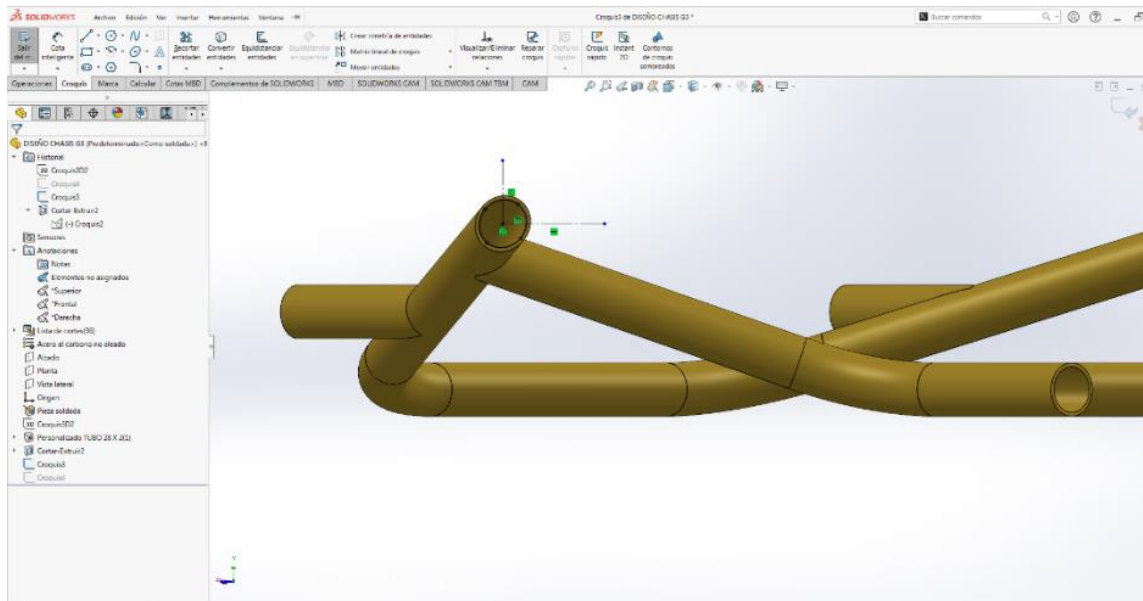
Figura 2.10: Diseño chasis con todas sus cotas



Vista 3D del chasis con sus respectivas medidas, Fuente: Joseph Barriga

Para finalizar con el modelaje del chasis se procederá a efectuar un corte con la herramienta de extrusión para originar una superficie plana en donde se pueda usar como apoyo o soporte para la unión de las manguetas para dicho proceso se debe definir un plano para la extrusión en nuestro caso sería el plano lateral ya que dicho plano se adapta más a las características de nuestro diseño. Un aspecto muy importante para considerar es el ángulo de salida que queremos dejar para nuestra mangueta ya que un mayor ángulo a la hora de la salida de la mangueta reduce el esfuerzo que se necesita para rotar las ruedas, al final se decidió darle un ángulo de 12 grados para que genere la extrusión de la parte seleccionada, seleccionamos dicho ángulo debido a que usualmente van de 5° a 15° hacia arriba desde la vertical al suelo y esto determina dónde la rueda toca el suelo, acercándose al punto donde el eje corta la horizontal.

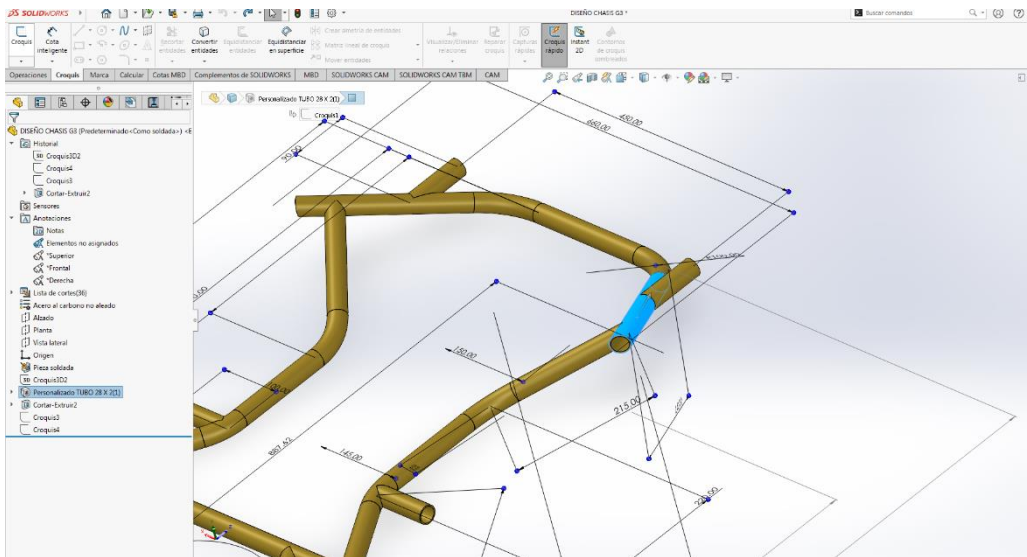
Figura 2.11 Extrusión para apoyo de la mangueta



Angulo para la extrusión de la mangueta, **Fuente:** Joseph Barriga

Para finalizar realizamos el redondeo de la pieza que como característica principal es el doblado de los tubos. Realizamos este proceso para que nuestro diseño cumpla con todas las características propuestas por la CIK-FIA

Figura 2.12: Redondeo de tubos



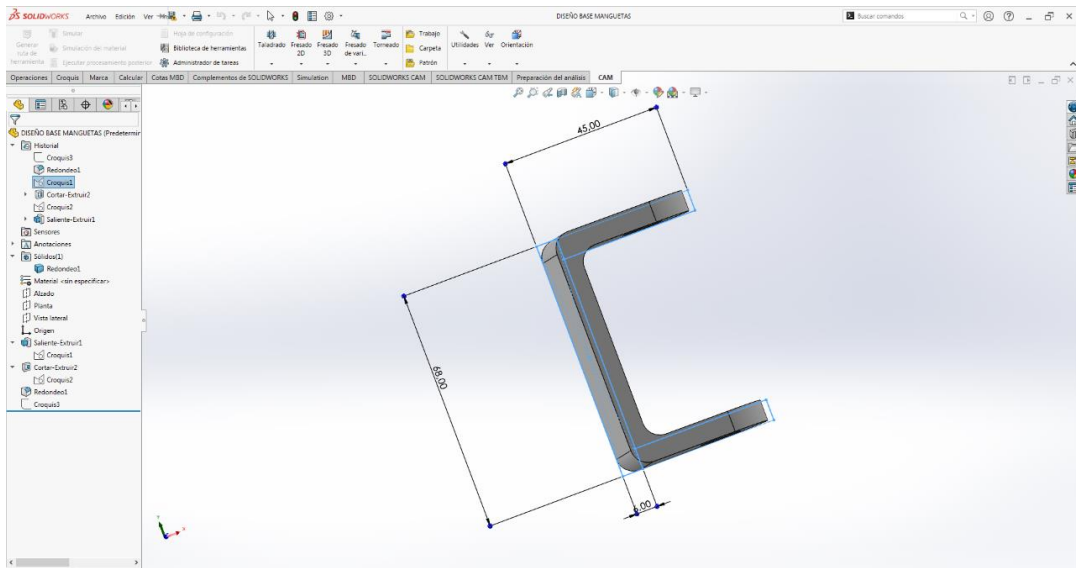
Redondeado de la estructura del chasis, **Fuente:** Joseph Barriga

2.4 Modelado de las manguetas

El modelado de las manguetas es una de las piezas fundamentales del tren delantero del karting ya que esta pieza tiene que ir soldada a el tubo principal del eje delantero del chasis y su posición en el chasis afecta a los ángulos de avance y salida del karting

Para fabricar esta pieza como primer paso empezaremos con una extrusión del material a partir de un modelo base básico para la construcción de la mangueta se usará un plano en el que se debe trabajar por lo que tendremos que escoger el plano que nos convenga en el proceso para optimizar tiempo después d este proceso se debe esbozar y digitar las medidas que se quieran extruir

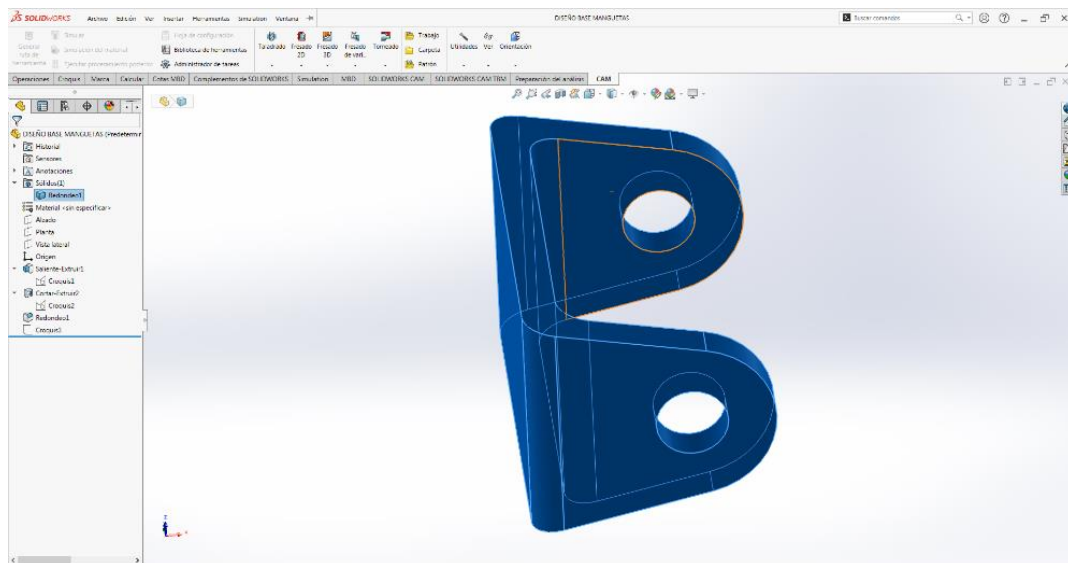
Figura 2.13: Extrusión para generar la geometría de la mangueta



Vista lateral de la mangueta, **Fuente:** Joseph Barriga

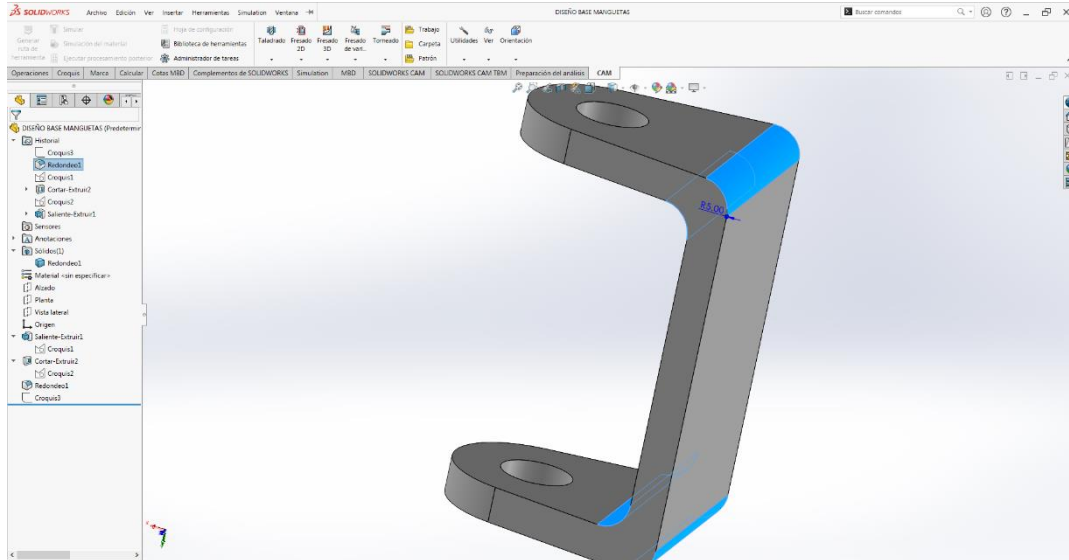
A continuación, se procede a realizar un carenado que consiste en atravesar las dos capas de la mangueta de forma circular tomando en cuenta el diámetro del círculo necesario para la pieza en nuestro caso usaremos un diámetro de 12 mm

Figura 2.14: Carenado de la pieza en ambos lados



Vista frontal del carenado de la mangueta, **Fuente:** Joseph Barriga

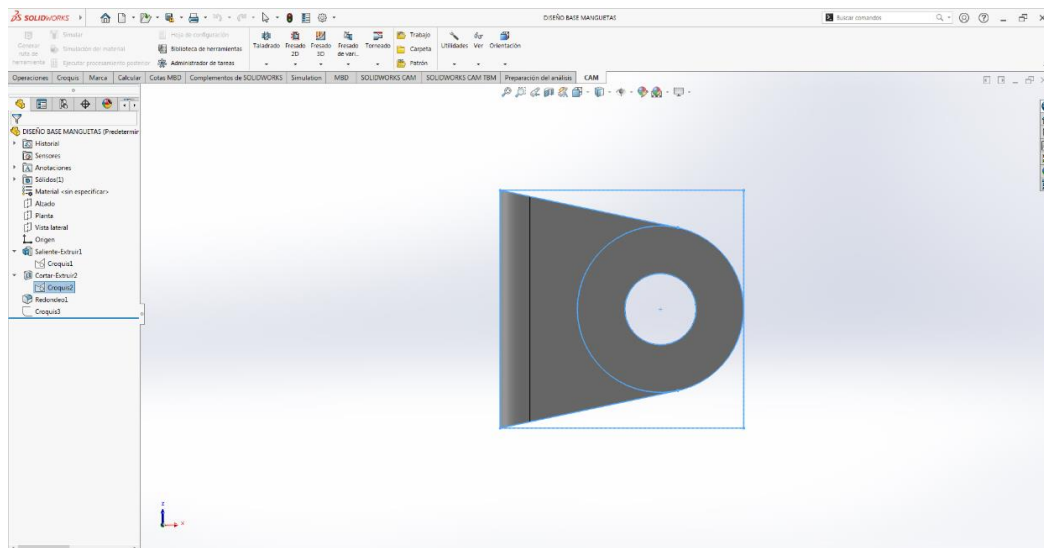
Figura 2.15: Redondeo de aristas de la mangueta



Corrección de las aristas de la mangueta, Fuente: Joseph Barriga

Par el siguiente proceso usamos la herramienta de redondeo para que la pieza no quede con aristas vivas ya que estas se pueden romper a la hora de algún impacto este redondeo se lo va a generar en las aristas de la mangueta y en los soportes de la pieza

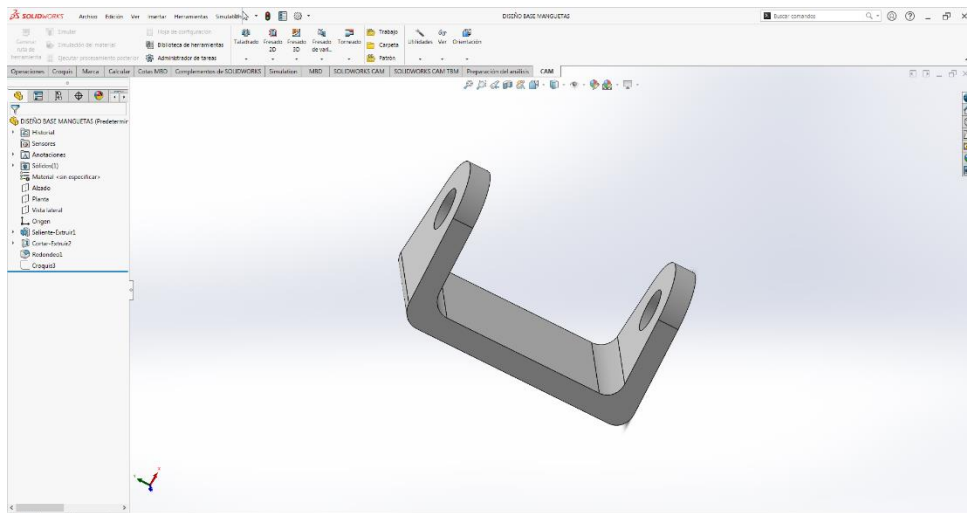
Figura 2.16: Redondeo de los soportes de la mangueta



Vista superior de la mangueta, Fuente: Joseph Barriga

Como proceso final tenemos el diseño de la mangueta culminado con todas sus especificaciones y cada una de sus medidas acorde al reglamento de la CIK-FIA

Figura 2.17: Diseño final de la mangueta



Pieza final de la mangueta, **Fuente:** Joseph Barriga

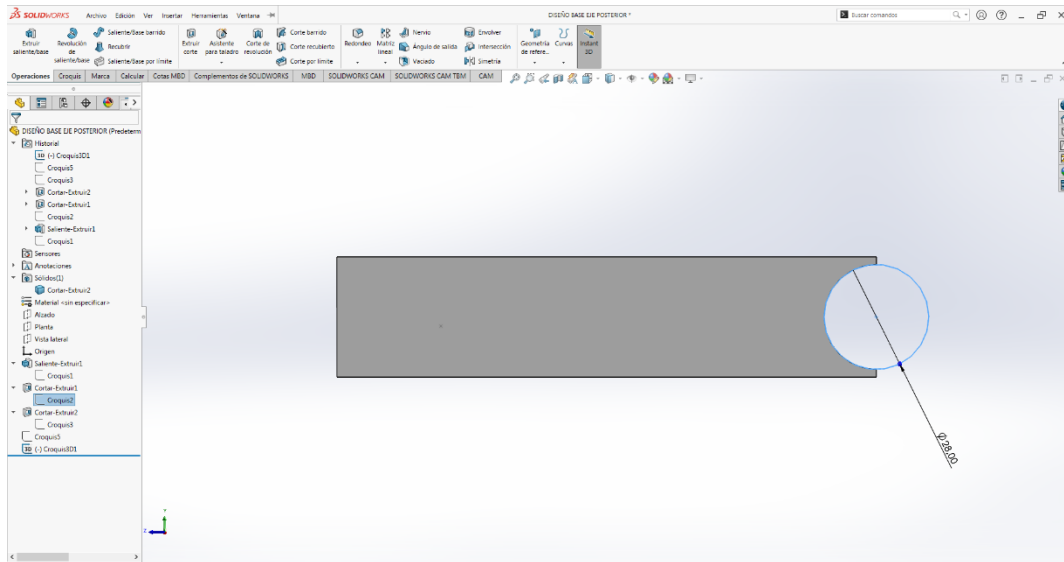
2.5 Modelado de la base del eje trasero

Las bases del eje trasero del chasis son elementos que deben ser de acero plegable dichas piezas se unen al chasis mediante proceso de soldadura. Estas piezas se encargan de dar el mayor de los soportes al eje posterior del chasis y a sus diferentes rodamientos

Como primer paso se tiene crear un documento nuevo del tipo pieza a continuación se debe escoger el plano en el que se va a trabajar, para poder definir la pieza en su totalidad tendremos que desde un esbozo definir todas sus cotas y características

Empezamos el proceso de diseño desde la cara lateral del esbozo para que nos resulte más fácil la funcionalidad de los siguientes procesos

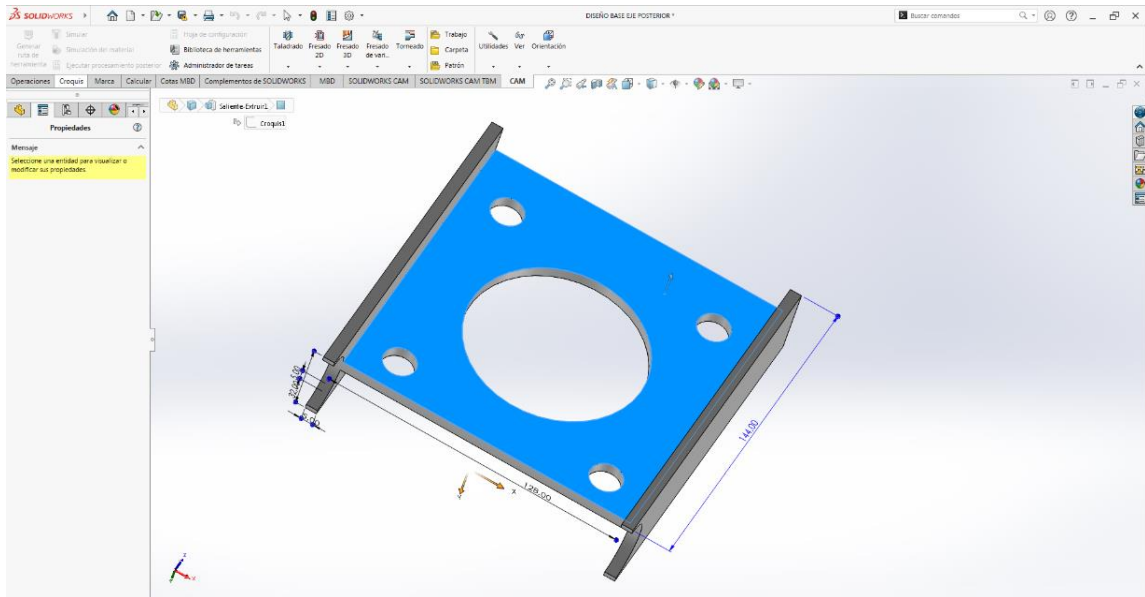
Figura 2.18: Base eje trasero



Vista lateral base posterior del eje, **Fuente:** Joseph Barriga

Como siguiente paso se procede a hacer un proceso de carenado del material para así poder dar forma a la base de nuestro eje. Para facilitar este proceso se debe tener muy en cuenta todas las medidas de la base del eje, como son los radios de los huecos de anclaje y el diámetro principal por donde atraviesa el eje para este proceso tendremos que editar nuestras cotas en el diseño principal

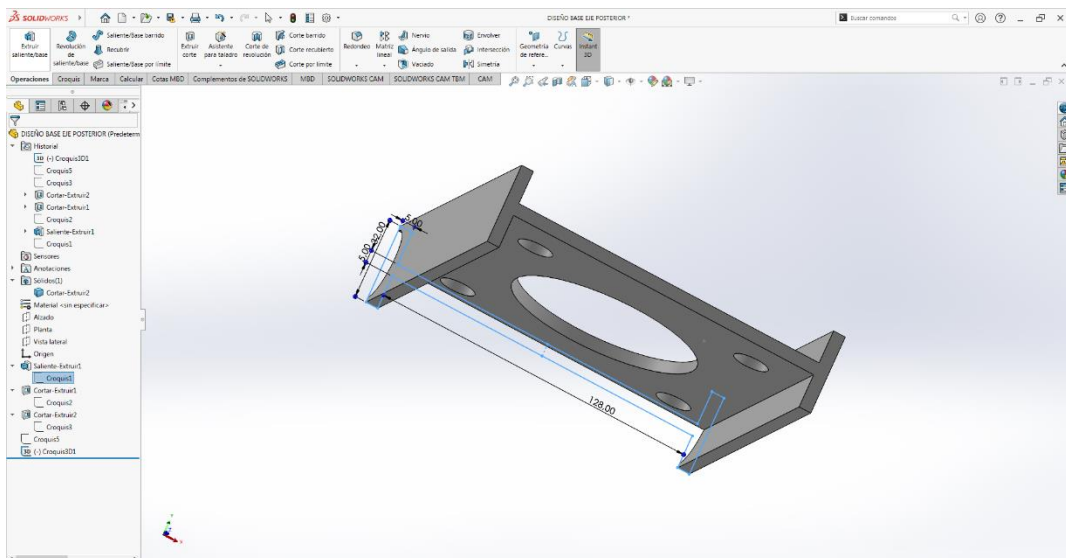
Figura 2.19: Base del eje posterior



Proceso de carenado de la base posterior, **Fuente: Joseph Barriga**

Para culminar con este proceso vamos a hacer el uso de la herramienta de carenado para quitar material de la parte inferior de la base para poder generar un arco que sirva como soporte de la base a la hora de montarlo en el chasis del karting se debe tomar muy en cuenta este proceso ya que la base debe permanecer bien centrada y estática para que no pueda causar algún tipo de daño al eje posterior del karting

Figura 2.20: Apoyo de la base en el chasis



Carenado para base del chasis, **Fuente: Joseph Barriga**

CAPÍTULO 3

REALIZAR EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL CHASIS MEDIANTE SOFTWARE DE SIMULACIÓN ASISTIDA POR ORDENADOR

En el siguiente capítulo hablaremos de manera general referente al sustento del método de los elementos finitos y como el software ANSYS lo maneja de acuerdo con sus necesidades. El software nos apoyara para el análisis del chasis y la corroboración del diseño en base a los distintos métodos. La argumentación. El estudio mediante elementos finitos orientado con software es una pieza clave para el CAE, esta herramienta posibilita a los ingenieros analizar los diseños de diferentes piezas y esto a su vez permite el ahorro de abundantes cantidades de dinero. En varios de los casos de la vida real se siguen proporcionando pruebas en base a un ejemplar real, pero mediante el estudio por elementos finitos se puede ahorrar de la fabricación de varios prototipos fallidos para poder llegar al prototipo o pieza deseada.

El CAE se puede utilizar en distintas áreas de la ingeniería como es en el estudio de mecánica de fluidos, calculo estructural, transferencia de calor. A causa de su gran variedad de aplicaciones y su gran solvencia informática, dicha técnica se establece como una herramienta importante a la hora del análisis estructural, cabe mencionar que el ingeniero cumple un rol muy importante a la hora del análisis de los resultados ya que un ordenador no nos puede dar ese tipo de información y/o análisis de ingeniería

Y que en la normativa que se basa este proyecto no nos indica ningún tipo de información sobre pruebas a realizar en el modelo del chasis ni como ejecutarlas, El proceso de configuración de las cargas, diseño de pruebas y análisis de resultados queda a discreción del autor, para ello se tratara de ajustar los resultados a unos valores con similitud a la realidad ya que dichos resultados dependen de diferentes factores. Puesto que el siguiente documento es de ámbito académico y ya que no hay ningún tipo de especificaciones de posicionamiento de cargas, tensiones o deformaciones estos criterios serán validados por el autor apeándose a distintos criterios de validación

3.1 Establecimiento del método

La técnica de los elementos finitos es un método numérico utilizado para resolver dificultades de ingeniería y ciencias aplicadas. consiste en la discretización del dominio de un problema en piezas más pequeños y manejables llamados elementos finitos. Estos

elementos se unen para formar una malla o malla de elementos finitos que representa el dominio completo del problema.(Celigüeta Lizarza, 2000)

3.1.1 fundamentos básicos del método de elementos finitos:

- **Formulación del problema:** El primer paso es formular el problema físico o matemático en términos de ecuaciones diferenciales parciales o integrales que detallen el comportamiento del sistema. Estas ecuaciones representan las leyes fundamentales de la física, como las ecuaciones de equilibrio estructural, las ecuaciones de transferencia de calor o las ecuaciones de flujo de fluidos.
- **Discretización del dominio:** El dominio del problema se divide en una colección de elementos finitos, tetraedros o hexaedros en el caso de problemas tridimensionales o como triángulos o cuadriláteros en el caso de problemas bidimensionales. Cada elemento finito tiene un conjunto de nodos o puntos que definen su geometría y propiedades.(Celigüeta Lizarza, 2000)
- **Funciones de interpolación:** Se utilizan funciones de interpolación para aproximar la solución desconocida dentro de cada elemento finito. Estas funciones interpolan los valores conocidos de la solución en los nodos del elemento, lo que permite representar la solución en todo el dominio.
- **Formulación del sistema de ecuaciones:** Mediante la aplicación de los principios de mínimos cuadrados o variacionales, se obtienen las ecuaciones algebraicas que deben cumplirse para que la solución aproximada sea válida. Esto se logra al minimizar el error entre la solución aproximada y las ecuaciones diferenciales originales.
- **Ensamblaje del sistema:** Las ecuaciones locales de cada elemento se ensamblan en un sistema global, teniendo en cuenta las condiciones de contorno y las relaciones de continuidad entre los elementos adyacentes. Esto da como resultado un sistema de ecuaciones algebraicas que representa el problema completo.(Celigüeta Lizarza, 2000)

- Resolución del sistema de ecuaciones: El sistema de ecuaciones se resuelve numéricamente utilizando métodos estándar de álgebra lineal, como la eliminación de Gauss, la factorización o métodos iterativos como el método de Gradiente Conjugado. La solución obtenida proporciona los valores aproximados de la solución desconocida en los nodos del dominio.
- Postprocesamiento: Una vez obtenida la solución numérica, se realiza un postprocesamiento para obtener información adicional, como las distribuciones de tensiones, deformaciones, flujos de calor o cualquier otra cantidad de interés. Esto implica el cálculo de las cantidades derivadas a partir de la solución aproximada.

El método de elementos finitos es muy flexible y se puede aplicar a una amplia gama de problemas en diferentes disciplinas de la ingeniería, como estructuras, mecánica de fluidos, transferencia de calor, electromagnetismo, entre otros.(Celigüeta Lizarza, 2000)

3.2 Procedimiento para análisis en ANSYS

La aplicación contiene con diferentes videos guías para el inicio del proceso de diferentes análisis en nuestro caso vamos a realizar el análisis estructural

Procederemos a explicar de manera general los pasos a seguir para generar un análisis estático dicho proceso lo realizamos con el fin de brindar una guía adecuada para el correcto uso del software ANSYS

- Designación del material: los materiales deben especificarse para diferentes piezas crear un conjunto analizado para el cual el programa tiene una biblioteca el documento o el usuario puede ingresar de forma manual las constantes para definir un nuevo componente (módulo de elasticidad, relación de Poisson, expansión térmica)
- Definir carga útil: Especifique una o más cargas conforme al tipo de carga. punto, distribución, presión, tamaño y lugar de aplicación.

- Definir limitaciones: establecemos limitaciones en el modelo indicador de tipo de configuración de qué grados de libertad están limitados
- Crear análisis: El tipo de análisis requerido se genera a partir de las opciones disponibles proporcionada por la aplicación, estos pueden ser dinámico, estático y fatiga.
- Ejecución: La aplicación completa el análisis en tiempo es dependiente principalmente por su complejidad. Los modelos nos dan una oportunidad para especificar ciertas opciones, como el uso de recursos de tiempo de ejecución. Incluso tiene una opción de ejecución por lotes, que es muy útil para las empresas.

3.3 Consideraciones de las pruebas

Por lo que no existe ningún documento o archivo de la CIK-FIA ni de ningún otro organismo que nos ayude con un modelo específico de prueba que se deba realizar en el chasis del karting para poder ser homologado, realizaremos las pruebas que nosotros consideramos las más importantes en el cálculo estructural

3.3.1 selección de materiales

Debido a las distintas fuerzas que va a estar sometido la estructura del chasis del kart y según las normas que debe cumplir la estructura para ser homologada se decidió usar tubo de acero que es una aleación de acero de la norma AISI 4130

Esta aleación contiene molibdeno y cromo que actúan como materiales de reforzamiento, La aleación de este tubo nos ayudara a tener una excelente soldabilidad en las estructuras, estos tubos son muy utilizados en la fabricación de la ingeniería automotriz

3.3.2 Propiedades del acero

Figura 3.1: Propiedades del acero estructural

	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Material Field Variables	Table			
3	Density	7850	kg m ⁻³		
4	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion				
6	Isotropic Elasticity				
12	Strain-Life Parameters				
20	S-N Curve	Tabular			
24	Tensile Yield Strength	2,5E+08	Pa		
25	Compressive Yield Strength	2,5E+08	Pa		
26	Tensile Ultimate Strength	4,6E+08	Pa		
27	Compressive Ultimate Strength	0	Pa		

Características del material utilizado, **Fuente:** Joseph Barriga

3.4 Beneficios del uso del software CAE

Adecuación y optimización de diversos productos o piezas

3.4.1 Costo y Tiempo

Nos permite disminuir los costos y el tiempo de procesamiento del producto previniendo el uso de pruebas repetitivas de prototipos físicos y nos ayuda a mejorar la calidad

3.4.2 Decisiones

Nos ayuda a tomar decisiones de moldeo teniendo en cuenta su influencia en el rendimiento funcional y en la elaboración.

3.4.3 Optimización

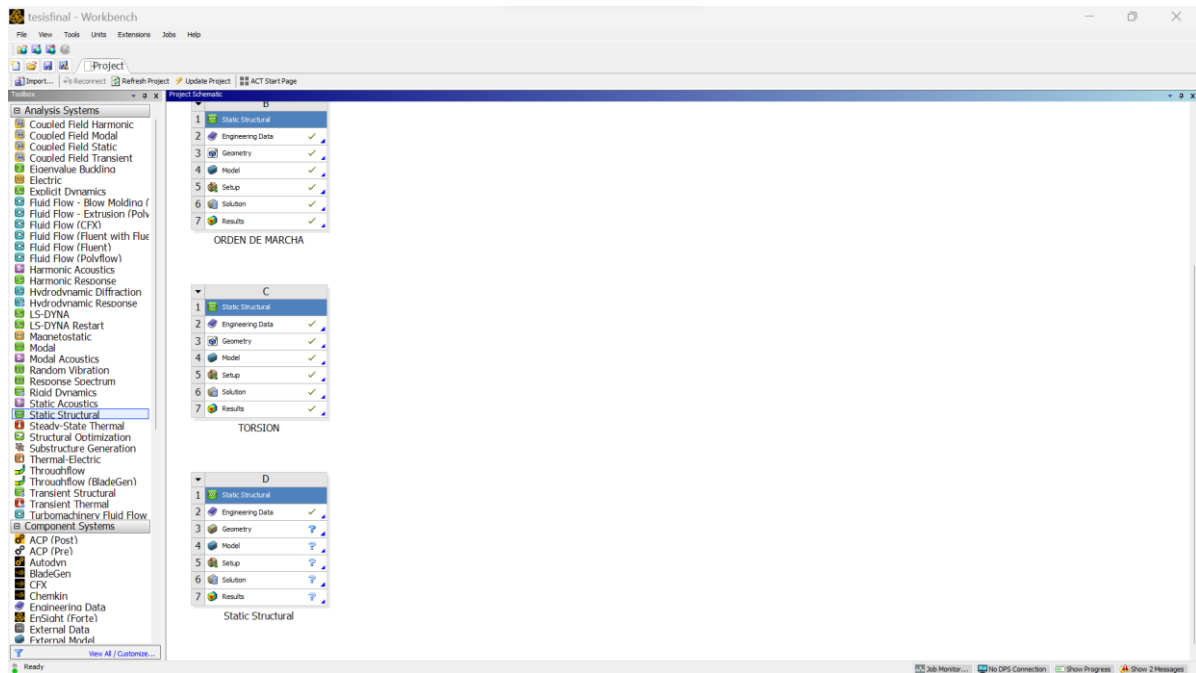
Permite predecir distintos modos de fallo de sistemas mecánicos como son la inestabilidad estructural, pandeo, fatiga, etc.

3.5 Preprocesamiento del análisis

En este apartado se explicará de manera detallada cuales son los procesos que se deben seguir para realizar una correcta configuración del software CAE como son la generación del mallado, la calidad de malla, las restricciones de movimiento esto nos va a ayudar a obtener unos resultados adecuados.

3.5.1 Importación de la estructura al software

Figura 3.2: Página de control software ANSY

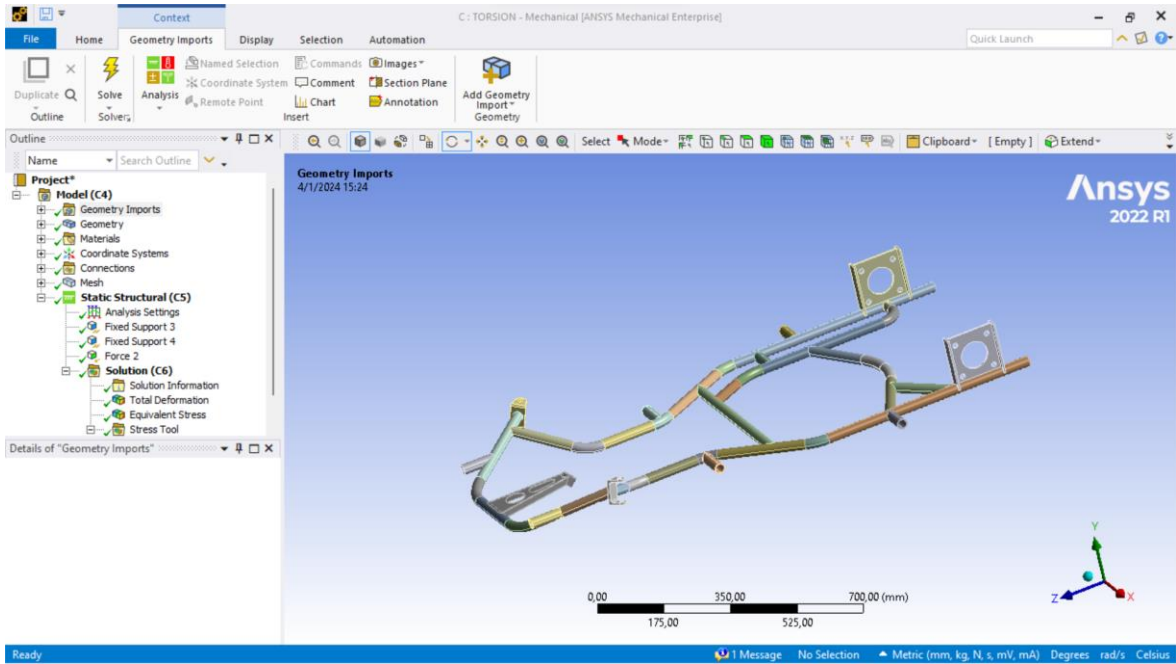


Carilla de trabajo software ansys, Fuente: Joseph Barriga

Como primer paso como se puede observar en la figura 25 tenemos que escoger un análisis, en nuestro caso vamos a utilizar el análisis estático estructural ya que es él que va a cumplir con nuestras necesidades, a continuación se nos despliega una pestaña con el nombre de geometría ahí vamos tener que importar el ensamble realizado anteriormente con la ayuda del software CAD, para esto el ensamble debe estar guardado con la extensión STEP para que al momento de abrir nuestro ensamble no tengamos ningún tipo de dificultades

3.5.2 Ensamble Importado al software Ansys

Figura 3.3: Chasis completo

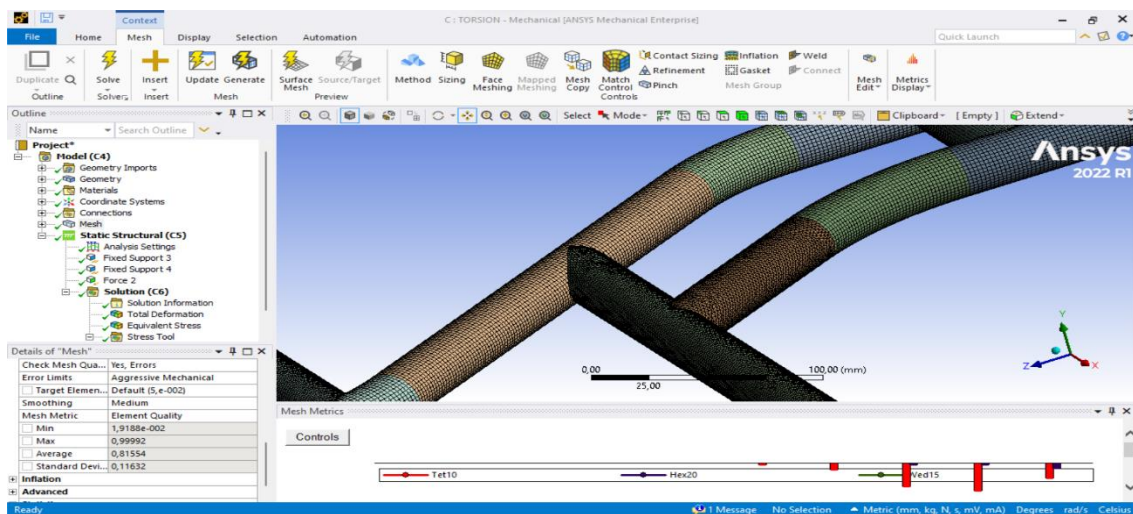


Modelado del chasis en software ansys, Fuente: Joseph Barriga

Como se puede distinguir en la figura 26 el ensamble se importó de manera exitosa sin ningún tipo de fallo, y estamos listos para empezar el procesamiento de nuestros requerimientos para la correcta simulación de nuestro análisis

3.5.2 Mallado de la estructura

Figura 3.4: Mallado del modelado



Calidad del mallado en la estructura, Fuente: Joseph Barriga

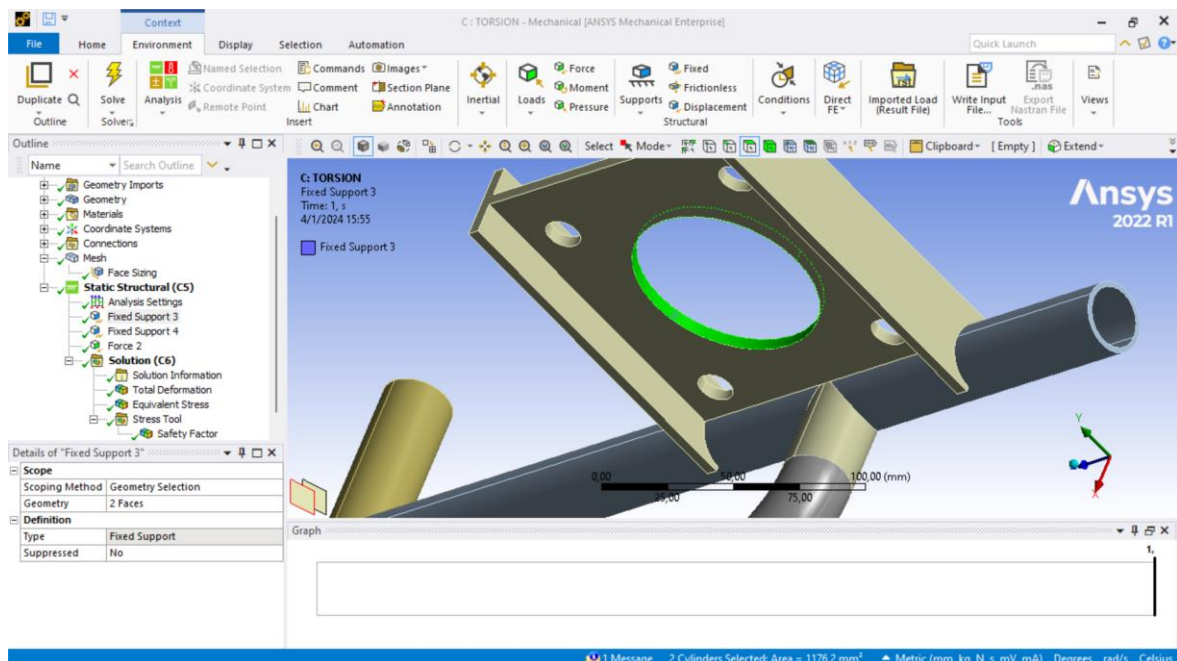
A continuación, nos dirigimos a la pestaña de mallado, seleccionamos en la misma y se debe configurar que tipo de malla se va a necesitar, para nuestro caso vamos a configurar una malla de dimensión de 2 mm, decidimos poner esta medida ya que es la medida óptima para ejecutar nuestro análisis, posteriormente se genera la malla en toda la estructura como se observa en la figura 27

3.6 Restricción de cargas y puntos fijos en la estructura

Aquí se va a detallar cuales van a ser los puntos donde debe estar fija la estructura y porque, además también se va a configurar donde van colocadas las cargas, para ello nosotros vamos a utilizar cargas de 30 kg y 100 kg que nos van a servir para realizar el estudio de rigidez a flexión y el de rigidez a torsión

3.6.1 Disposición de Puntos Fijos

Figura 3.5: Soporte base del eje



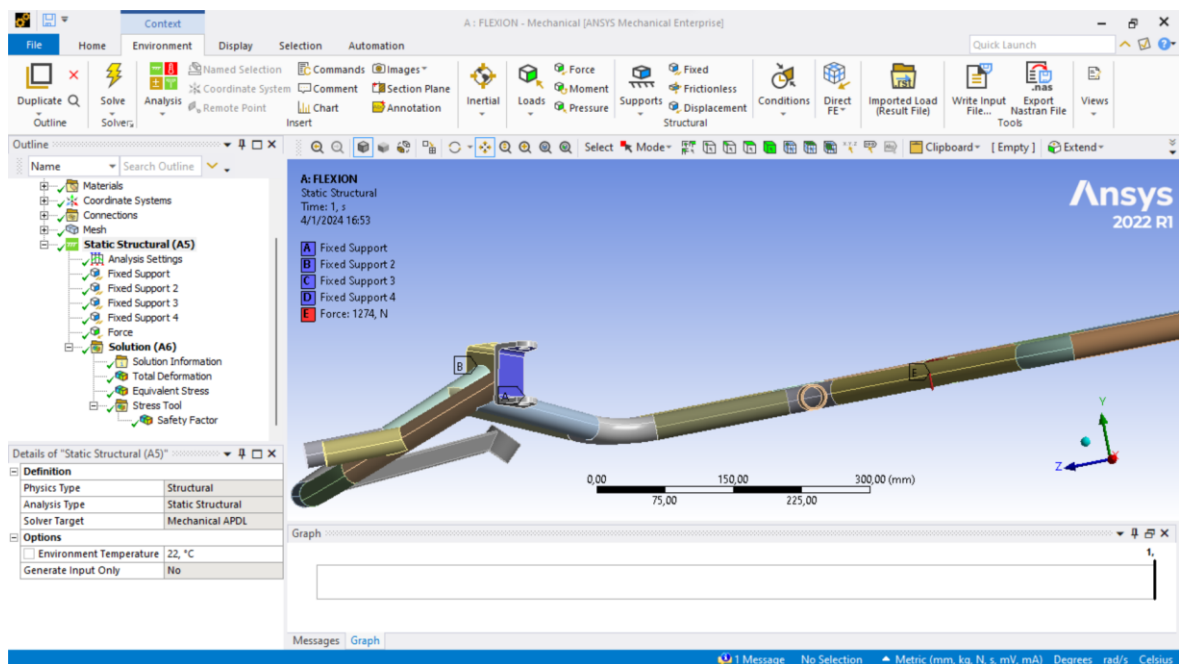
Base del eje en la parte superior del chasis, **Fuente:** Joseph Barriga

Como se evidencia en la figura # debemos colocar un soporte fijo en las bases de nuestros ejes ya que esa es una estructura que al momento de entrar en funcionamiento siempre debe quedar restringida al movimiento

3.6.2 Disposición de cargas para en análisis de rigidez a flexión

Para realizar el siguiente análisis se debe colocar dos puntos fijos extras en la parte frontal del chasis, exactamente en las manguetas de este ya que esto va a simular que este en condiciones reales de funcionamiento como se observa a continuación

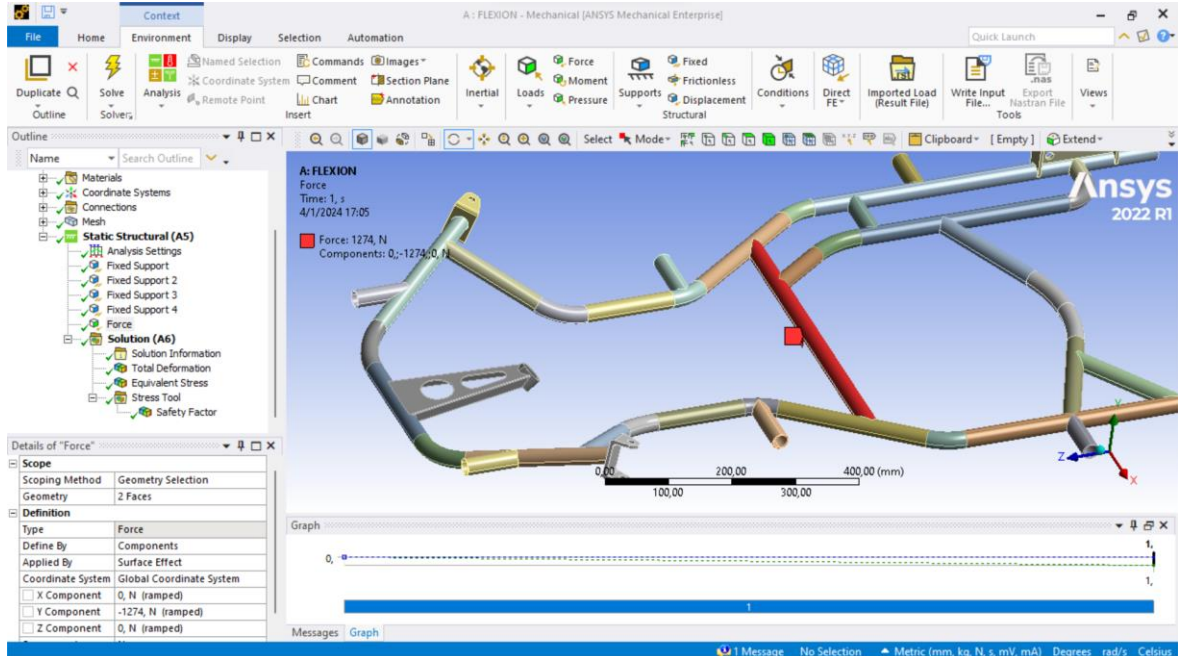
Figura 3.6: Mangueta Izquierda



Soporte fijo cara interna de la mangueta izquierda, Fuente: Joseph Barriga

En esta ilustración se puede observar de manera más detallada como se coloca la restricción de soporte fijo en las caras internas del elemento, porque estas caras son las que van a mantenerse fijas en todo momento a lo largo del análisis, cabe mencionar que este mismo proceso se va a realizar en la mangueta del lado contrario del chasis.

Figura 3.7: Fuerza peso del piloto



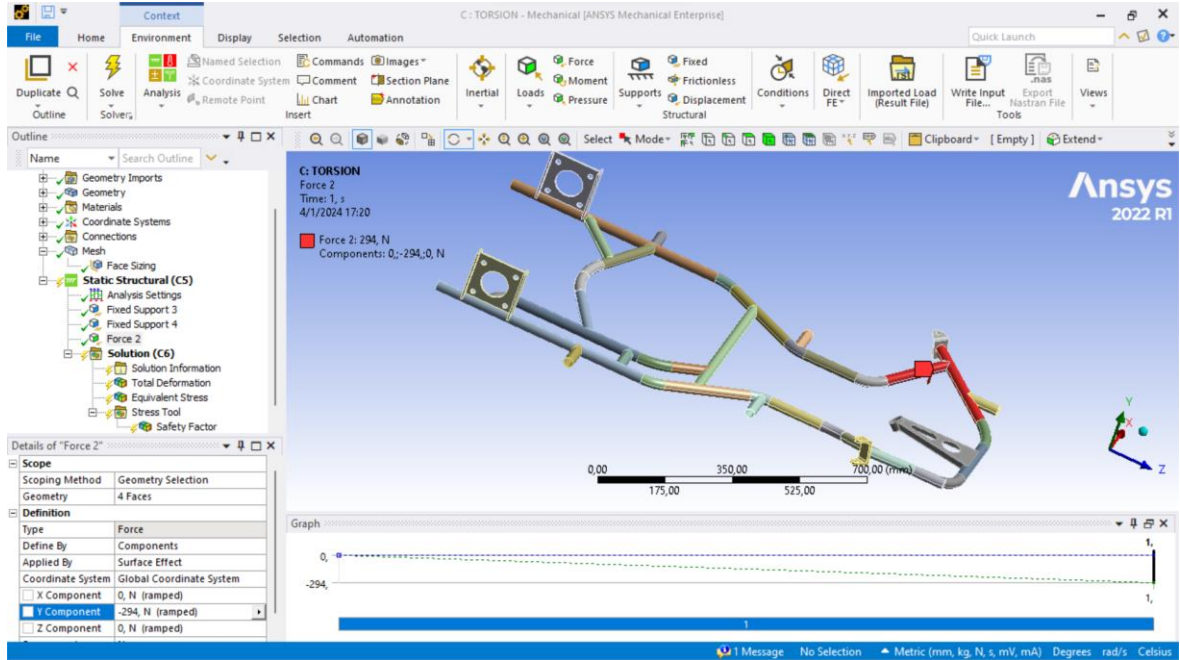
Fuerza aplicada al eje central, Fuente: Joseph Barriga

Seguidamente se procede a colocar una carga de 100kg en el tubo central de la estructura ya que es donde va apoyado el asiento del piloto por lo tanto este debería de soportar el peso del piloto que como peso máximo tendría que ser de 100kg.

3.6.3 Disposición de cargas para en análisis de rigidez a torsión

Para este estudio es necesario eliminar los dos apoyos fijos de la parte delantera del chasis para que el mismo pueda quedar en voladizo, acto seguido se debe implementar una carga de 30 kg en las bases de las manguetas, este estudio se lo realiza en las dos manguetas de manera alternada

Figura 3.8: Fuerzas aplicadas



Fuerza colocada en la mangueta izquierda, **Fuente:** Joseph Barriga

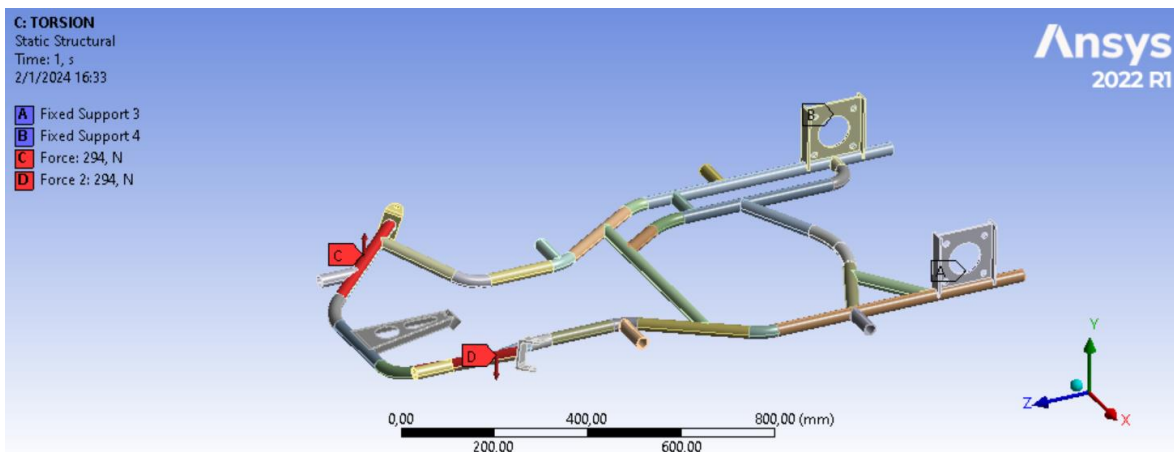
CAPITULO 4

ANÁLISIS DE RESULTADOS DE ESFUERZOS Y DEFORMACIONES DEL CHASIS DEL VEHÍCULO KART BAJO LA NORMATIVA DE LA FEDERACIÓN INTERNACIONAL DE AUTOMOVILISMO

4.1 Análisis de resultados estudio de rigidez a torsión

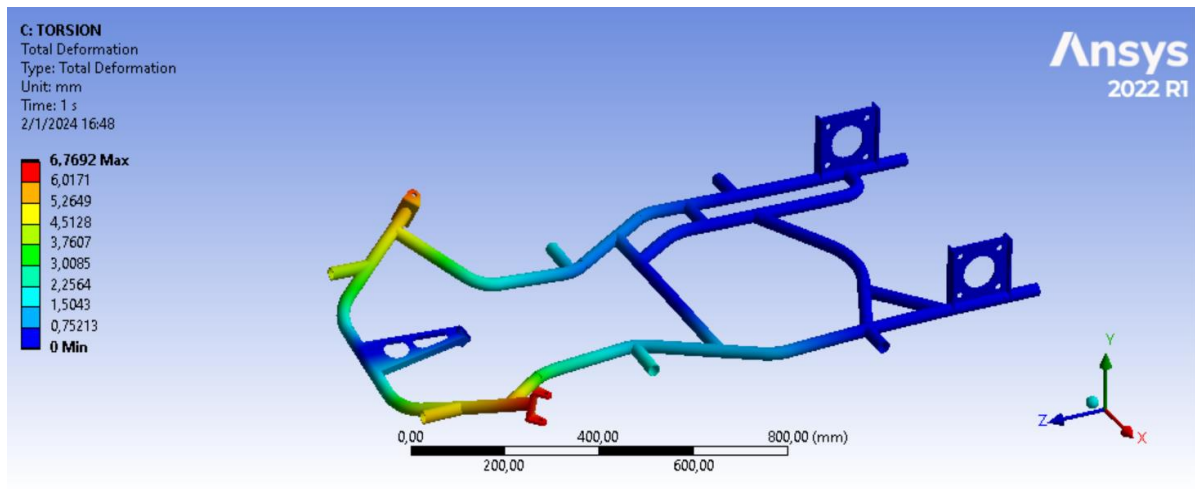
En esta situación se analizará la inflexibilidad de la estructura cuando esté oprimido a una labor de torsión, para lo cual se va a fijar los puntos de sujeción del chasis en la parte trasera y también se procederá a poner las distintas cargas que en este caso son de 295 N a cada extremo de la parte delantera del chasis, cada una de estas fuerzas tiene su propia dirección de modo que estas sometan a la estructura a un esfuerzo de torsión

Figura 4.1: Restricciones estructurales



Fuerzas y soportes aplicados en el chasis, Fuente: Joseph Barriga

Figura 4.2: Deformación total



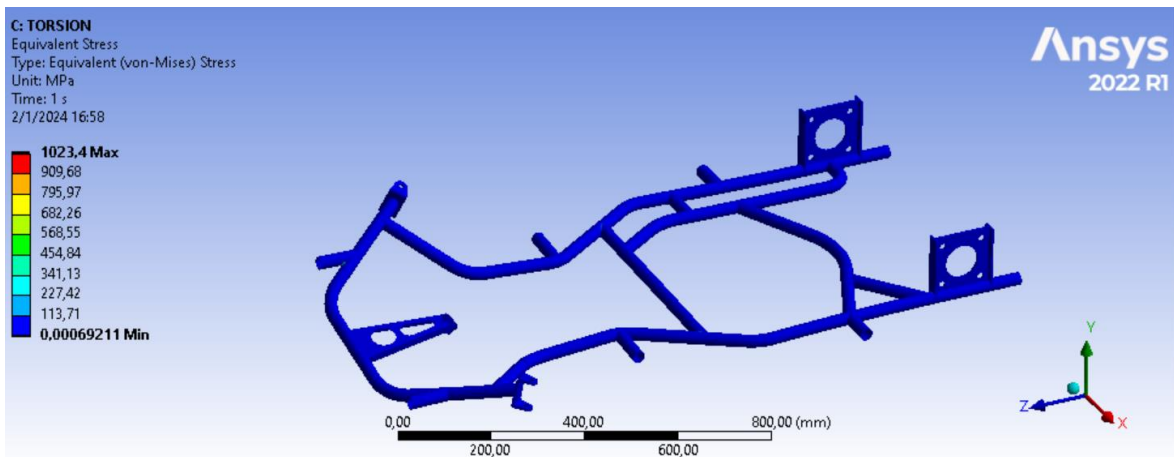
Deformación de la estructura usando el estudio de torsión, **Fuente:** Joseph Barriga

Los análisis estructurales nos suministran como consecuencia una deformación máxima de 6,7692 mm que se concentran en las puntas de las manguetas

4.1.1 Estudio de Von Mises

En lo concerniente con el análisis de tensines máximas y mínimas tenemos el análisis de Von Mises y según los datos que nos arroja la simulación el valor máximo es de 1024,3 Mpa que es un esfuerzo equivalente el cual se encuentra debajo de los límites de fluencia para el tipo de material que se escogió para el chasis, debido a eso en la representación gráfica no se presenta ningún punto crítico

Figura 4.3: Tensión de Von Mises

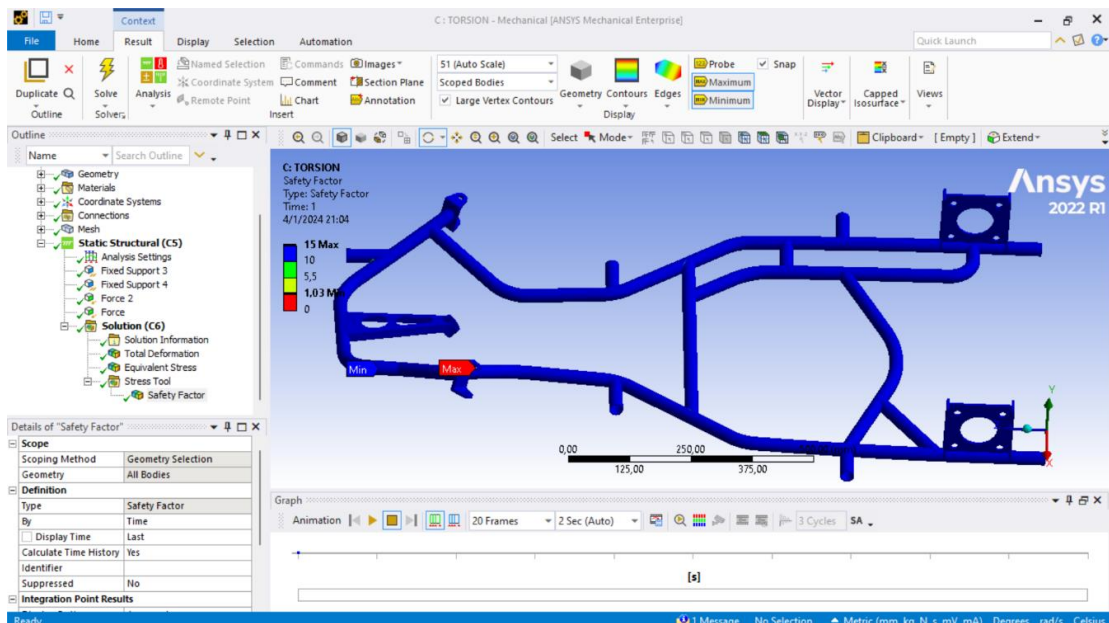


Esfuerzos en la estructura, Fuente: Joseph Barriga

4.1.2 Estudio Factor de seguridad

En la figura 4.3 se puede distinguir el factor de seguridad en cada uno de los elementos que conforman el chasis, como se observa el valor promedio de factor de seguridad es de 5,5 siendo así un valor bastante aceptable para la estructura de nuestro modelo de chasis, pero también se observa que el punto mas critico es las manguetas, en este caso como el factor de seguridad es 1,03 se puede considerar poner unos refuerzos en dicha pieza

Figura 4.4: Estudio factor de seguridad

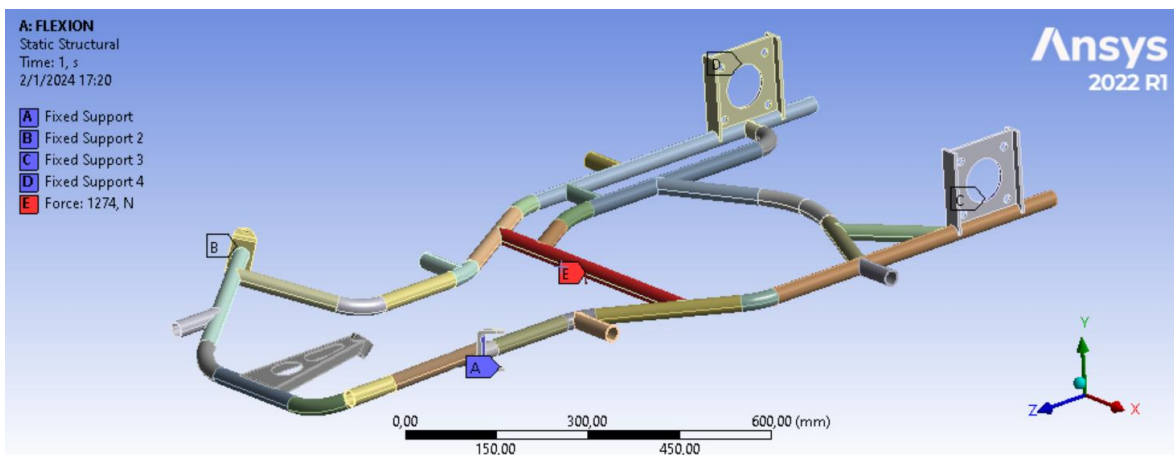


Máximos y mínimos factor de seguridad, Fuente: Joseph Barriga

4.2 Estudio de rigidez a flexión

Como primer paso se necesita configurar cuales son los puntos fijos en la estructura, y también donde va a ir ubicada la fuerza para así poder obtener una simulación acorde a lo planteado, como se observa en la siguiente figura

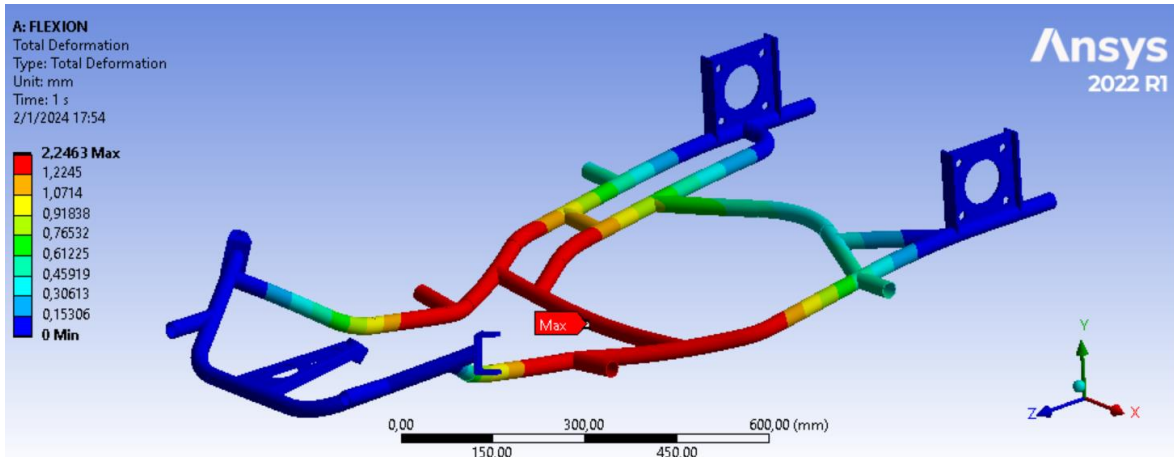
Figura 4.5: Estudio de flexión



Fuerzas y soportes en el estudio de flexión, Fuente: Joseph Barriga

Para este análisis se usa como puntos fijos las bases del eje posterior y también los terminales de las manguetas que se encuentran en la parte frontal del chasis, la fuerza que se le aplica es de 1274 N ya que está ubicada donde va el asiento del piloto y se consideró que el peso máximo de un piloto puede ser de 130 kg

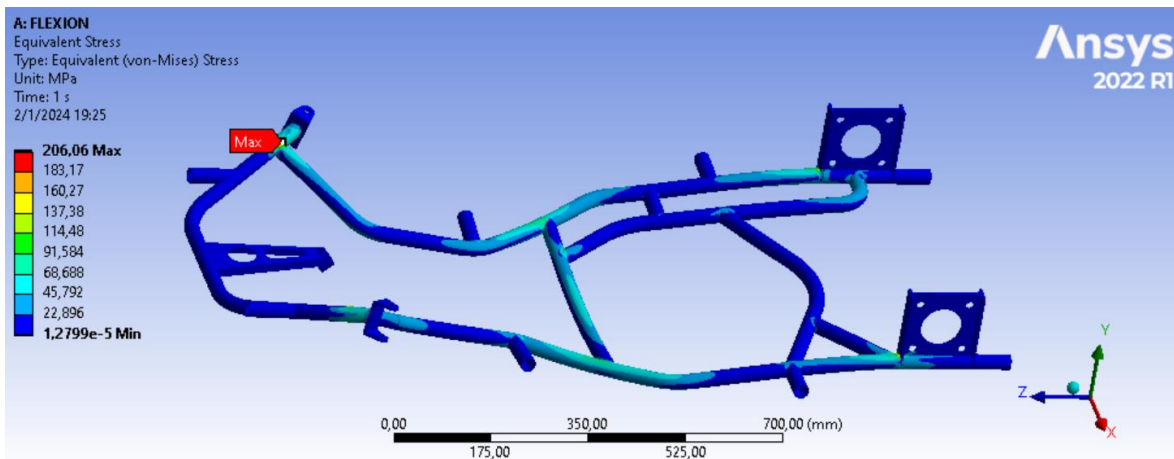
Figura 4.6: Deformación total a flexión



Como se puede observar en la figura 4.6 el punto más crítico de la estructura se encuentra justo en la mitad de la estructura con una deformación de 2,2 mm, esto nos quiere decir que nuestro caso va a poder soportar el peso máximo de 130 kg sin que la estructura se deforme al punto de que el asiento del piloto llegue a causar una fricción con el asfalto

4.2.1 Análisis de Von Mises

Figura 4.7: Estudio Von Mises

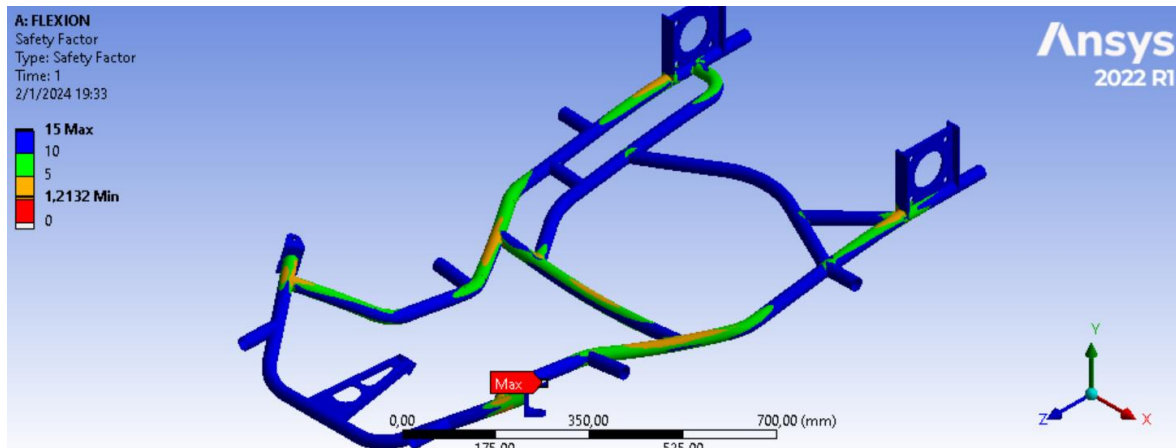


En el siguiente estudio se puede observar como la tensión disminuye considerablemente llegando hasta un valor de 206.06 Mpa esto sucede ya que en las condiciones que

configuramos la simulación aumentamos 2 puntos fijos, ayudando así a que la estructura pueda soportar más cargas sin necesidad de deformarse, esto también significa que la estructura tiene la capacidad de soportar el peso del piloto

4.2.2 Análisis Factor de seguridad a flexión

Figura 4.8: factor de seguridad a flexión



Análisis del factor de seguridad a flexión, Fuente: Joseph Barriga

En la figura 4.8 se puede observar que en este caso el factor de seguridad máximo es de 15, este valor es un valor muy satisfactorio para nuestra estructura, pero también debemos tomar en cuenta que nuestro valor mínimo de factor de seguridad es de 1.2, esto indica que en esos puntos la estructura puede soportar la carga sin fallar

CONCLUSIONES

- La acumulación de esfuerzos en el estudio de rigidez a torsión se produce en el centro del armazón del chasis con el valor de 206,06 Mpa el cual es inferior al valor umbral elástico del acero estructural que es 250 Mpa, esto quiere decir que el material no tendrá deformaciones de consideración.
- El estudio teórico nos permite tomar decisiones de manera acertada ante dificultades que se expresan al momento de realizar el modelado del armazón, igualmente nos permiten establecer distintos parámetros que afectan en el modelo final del armazón
- El diseño del kart en el software Solidworks nos permitió analizar las resistencias del material del chasis y su rigidez, sin embargo, se puede realizar una variedad de análisis tales como un estudio de volcamiento o estudio de impacto frontal y lateral del chasis.
- Los resultados que nos proporcionaron cada uno de los estudios realizados revelan que ningún valor obtenido sobrepasa el umbral elástico del material, lo que nos revela que el armazón teóricamente no va a llegar a experimentar una desfiguración plástica

RECOMENDACIONES

- Al modelar el diseño de la estructura del karting en el software CAD, comprobar que no existan ningún tipo de interferencia con las superficies o con piezas duplicadas y que todas las superficies estén ensambladas correctamente para no tener ningún inconveniente a la hora del mallado del ensamble
- Estudio del diseño de la estructura mediante el uso de análisis de vibraciones ya que la normativa y homologación de la FIA es insuficiente ya que en ningún apartado del reglamento se solicitan ningún tipo de ensayos en el chasis de los monoplazas

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Bibliografía

- Banco Interamericano de Desarrollo. (2021). *Educación en América Latina y el Caribe*. Recuperado el 04 de mayo de 2023, de <https://www.iadb.org/es/temas/educacion-en-america-latina-y-el-caribe>
- Banco Mundial. (2021). *Educación superior en América Latina*. Recuperado el 04 de mayo de 2023, de <https://www.bancomundial.org/es/topic/education/brief/higher-education-in-latin-america>
- Faluga Racing. (13 de mayo de 2020). *Faluga Racing*. Recuperado el 14 de mayo de 2023, de <https://es.falugaracing.com/blog/la-historia-del-karting-desde-su-invencion/#:~:text=La%20historia%20del%20karting%20empez%C3%B3,kart%20comercial%20de%20la%20historia.>
- FIA Karting. (2021). *FIA*. Recuperado el 14 de mayo de 2023, de <https://www.fiakarting.com/>
- FIA Karting. (2021). *Regulaciones deportivas FIA*. Recuperado el 14 de mayo de 2023, de <https://www.fiakarting.com/regulaciones/regulaciones-deportivas/>
- FIA Karting. (2021). *Regulaciones técnicas FIA*. Recuperado el 14 de mayo de 2023, de <https://www.fiakarting.com/regulaciones/regulaciones-tecnicas/>
- Martin. (2006). *Fundamentals of kart chassis design*. *SAE International*. Recuperado el 14 de mayo de 2023, de <https://saemobilus.sae.org/content/R-371>
- MOTORGIGA. (s.f.). *Bastidor en X*. Recuperado el 14 de mayo de 2023, de <https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/x-bastidor-en-definicion-significado/gmx-niv15-con195990.htm>
- OCDE. (2019). *PISA 2018 Results*. Recuperado el 04 de mayo de 2023, de <https://www.oecd.org/pisa/publications/pisa-2018-results.htm>
- Plaza, D. (s.f.). *Motor.es*. Recuperado el 14 de mayo de 2023, de <https://www.motor.es/que-es/chasis-autoportante-monocasco>
- Redacción Comercial. (25 de enero de 2022). *PRIMICIAS*. Recuperado el 14 de mayo de 2023, de https://www.primicias.ec/nota_comercial/autos/garage/talleres/karting-una-competencia-sin-igual/#gsc.tab=0
- UNESCO. (2021). *Educación en América Latina y el Caribe*. Recuperado el 04 de mayo de 2023, de <https://es.unesco.org/fieldoffice/montevideo/education/latin-america-and-caribbean>

Universidad de las Naciones Unidas. (2020). Recuperado el 04 de mayo de 2023, de <https://www.rrojasdatabank.info/Informe%20de%20Brechas%20de%20Oportunidades%20para%20la%20Educa%20ci%C3%B3n%20Superior%20en%20Am%C3%A9rica%20Latina%20-%20UNU.pdf>

