

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



**MAESTRÍA EN MECÁNICA MENCIÓN MANUFACTURA
COHORTE 2019**

TEMA:

**“DISEÑO DEL PROCESO DE MANUFACTURA DEL BASTIDOR DE UN
VEHÍCULO DE COMPETICIÓN GO KART APLICANDO TÉCNICAS DE
OPTIMIZACIÓN.”**

Trabajo de titulación

Previa a la obtención del Grado Académico de Magíster en Mecánica Mención
Manufactura

Autor: Ing. Fausto Andrés Jácome Guevara.

Director: Ing. Cesar Hernán Arroba Arroba, Mg.

Ambato- Ecuador

Enero - 2021

**A LA UNIDAD ACADÉMICA DE TITULACIÓN DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA.**

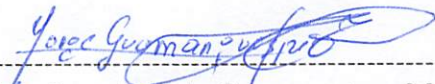
El tribunal receptor del Trabajo de Investigación presidido por el Ing. Wilson Santiago Medina Robalino, Mg., e integrado por los señores: Ing. María Belén Paredes Robalino, Mg., Ing. Jorge Patricio Guamanquispe, Mg., designados por la Unidad Académica de Titulación de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: “ **DISEÑO DEL PROCESO DE MANUFACTURA DEL BASTIDOR DE UN VEHÍCULO DE COMPETICIÓN GO KART APLICANDO TÉCNICAS DE OPTIMIZACIÓN** elaborado y presentado por el señor: Ing. Fausto Andrés Jácome Guevara, para optar por el Grado Académico de Magister en Diseño Mecánico mención manufactura una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Investigación el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.



Ing. Wilson Santiago Medina Robalino, Mg.
Presidente del Tribunal



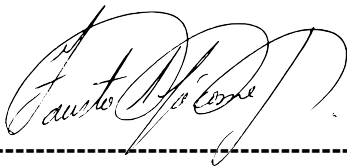
Ing. María Belén Paredes Robalino, Mg.
Miembro del Tribunal



Ing. Jorge Patricio Guamanquispe, Mg.
Miembro del Tribunal

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Investigación presentado con el tema: “**DISEÑO DEL PROCESO DE MANUFACTURA DEL BASTIDOR DE UN VEHÍCULO DE COMPETICIÓN GO KART APLICANDO TÉCNICAS DE OPTIMIZACIÓN**” le corresponde exclusivamente al Ingeniero Fausto Andrés Jácome Guevara, Autor bajo la Dirección del Ingeniero César Hernán Arroba Arroba, Mg., director del Trabajo de Investigación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.



Ing. Fausto Andrés Jácome Guevara

C.I. 1717579609

AUTOR



Ing. Cesar Hernán Arroba Arroba, Mg.

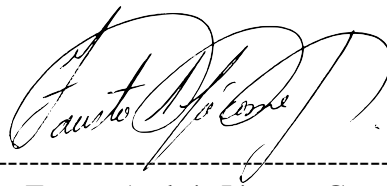
C.I. 1803011277

DIRECTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Investigación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de esta, dentro de las regulaciones de la Universidad.



Ing. Fausto Andrés Jácome Guevara
C.I. 1717579609

DEDICATORIA

A mi esposa Joselyn por apoyarme siempre durante este proceso de aprendizaje y superación personal.

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Cesar Arroba tutor, docentes y compañeros que estuvieron durante este proceso.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

A LA UNIDAD ACADÉMICA DE TITULACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA.....	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN EJECUTVO	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN	3
1.3 OBJETIVOS	4
1.3.1 GENERAL.....	4
1.3.2 ESPECÍFICOS	4
1.4 HIPÓTESIS.....	4
1.5 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
1.5.1 RFEDA CIK- FIA.....	5
1.5.2 Partes Principales del Chasis	7
1.5.3 Partes Auxiliares del Chasis.....	8
1.5.4 Dimensiones y Pesos.....	9
1.5.5 Conceptos de Diseño Generales.....	10
1.5.6 Rigidez del Bastidor.....	11
1.5.7 Geometría de Dirección	14
1.5.8 Ergonomía del conductor	18
1.5.9 Materiales para Manufactura	18
CAPITULO II	27
METODOLOGÍA	27
2.1 MATERIALES	27
2.1.1 Diseño	27
2.1.2 Selección de Material.....	27
2.2 METODOLOGÍA	29

2.2.1 Modalidad de Investigación	29
2.2.2 Diagrama Metodológico	30
2.2.3 Diseño del Bastidor.....	31
2.2.4 Modelado	31
3.1 ANÁLISIS DEL BASTIDOR.....	34
3.1.1 Determinación del centro de gravedad	34
3.1.2 Transferencia longitudinal del peso	37
3.1.3 Resistencia al aire	55
3.1.4 Análisis de la resistencia del chasis mediante el método de elementos finitos	56
3.2 RECOLECCIÓN DE DATOS	60
3.2.1 Simulación de la resistencia del bastidor con material ASTM A-36.....	60
3.2.2 Verificación de la calidad de la malla.....	61
3.2.3 Comparación de resultados de resistencia a diferentes materiales	76
3.3 ANÁLISIS Y SELECCIÓN DEL MATERIAL PARA CONSTRUIR EL BASTIDOR.....	78
CAPÍTULO IV.....	79
DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	79
4.1 DESCRIPCIÓN	79
4.2 OBJETIVOS	79
4.3 DESARROLLO	79
4.3.1 Proceso de fabricación	79
4.3.2 Esquema del proceso de manufactura:.....	80
4.3.3 Preparación del material	80
4.3.4 Señalar y marcar los tubos	83
4.3.5 Corte del material.....	83
4.3.6 Doblado de tubos	85
4.3.7 Selección del proceso de soldadura	85
4.3.8 Soldadura de componentes	88
CAPÍTULO V	94
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	94
5.1 CONCLUSIONES	94
5.2 RECOMENDACIONES	95
BIBLIOGRAFÍA	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Requerimientos Eje Trasero	8
Tabla 2: Dimensiones y especificaciones del bastidor	9
Tabla 3: Especificaciones de acero y normas relevantes	20
Tabla 4: ASTM 4130 Aceros y equivalentes Composición química	20
Tabla 5: Propiedades físicas	20
Tabla 6: Propiedades mecánicas del acero AISI 4130	20
Tabla 7 Composición química del Acero ASTM A500	22
Tabla 8: Propiedades mecánicas del Acero ASTM A500	22
Tabla 9: Propiedades mecánicas Acero ASTM 1011	23
Tabla 10: Propiedades químicas Acero ASTM1011	23
Tabla 11: componentes y pesos del vehículo	34
Tabla 12: Coeficiente de fricción	41
Tabla 13: Valores aplicados para análisis de aceleración	41
Tabla 14: Valores aplicados para análisis de aceleración	43
Tabla 15: Variables que interviene en la transferencia lateral	50
Tabla 16: Variables que interviene en la transferencia lateral posterior	53
Tabla 17: Comparación de resultados de la simulación	76
Tabla 18: Propiedades mecánicas de los materiales	77
Tabla 19: Proceso para fabricación del chasis	81
Tabla 20: Características para el proceso de soldadura	86
Tabla 21: Tipos de soldadura	86
Tabla 22: Pre selección de la soldadura aplicar	87
Tabla 23: Aplicaciones de procesos de soldadura	87
Tabla 24: Materiales utilizados para fabricar	92
Tabla 25: Equipos necesarios para fabricar	92
Tabla 26: Herramientas necesarias	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 : Chasis bastidor y piezas principales	7
Figura 2: Rigidez a Flexión.....	12
Figura 3: Sección Tubular.....	12
Figura 4: Momento torso.....	13
Figura 5: Centro de Gravedad Vehículo	14
Figura 6: Ángulo de caída.....	15
Figura 7 : Ángulos de caída de la rueda.....	15
Figura 8: Ángulo de salida	16
Figura 9: Ángulo de Avance	17
Figura 10: Convergencia y Divergencia en los vehículos.....	17
Figura 11: Indicaciones para la instalación del asiento de un kart.....	18
Figura 12 Acero SAE 4130	19
Figura 13 acero ASTM A500.....	22
Figura 14: Acero ASTM A1011	23
Figura 15: Diagrama metodológico	30
Figura 16: Boceto del bastidor	32
Figura 17: Miembro estructural	32
Figura 18: Modelado del Bastidor	33
Figura 19: Ensamble bastidor.....	33
Figura 20: Centro de gravedad componentes principales	36
Figura 21: Centro de gravedad componentes principales	36
Figura 22: Centro de gravedad.....	37
Figura 23: Centro de gravedad.....	37
Figura 24: Diagrama de transferencia longitudinal.....	38
Figura 25: Diagrama de transferencia longitudinal en aceleración.....	40
Figura 26: Diagrama de transferencia longitudinal en aceleración.....	43
Figura 27: Diagrama de transferencia lateral	45
Figura 28: Diagrama de fuerzas y momentos laterales	48
Figura 29: Curvatura permitida en pruebas skidpad	49
Figura 30: Diagrama para prueba de inclinación del vehículo	55
Figura 31: Propiedades del material acero ASTM A-36.....	57

Figura 32: Propiedades del material acero ASTM A-500 grado A.....	58
Figura 33: Propiedades del material acero ASTM A-1011 Grado 50.....	58
Figura 34: Elementos que están fijos en el modelo.....	59
Figura 35: Malla del modelo digital con elementos shell	60
Figura 36: Relación de aspecto de los elementos de la malla	61
Figura 37: deformación total del bastidor	62
Figura 38 Esfuerzo que soporta la estructura.....	62
Figura 39: Fuerza de torsión y sujeción de anclaje posterior.....	63
Figura 40: deformación total del bastidor en torsión	64
Figura 41: Esfuerzos del bastidor sometido a torsión	64
Figura 42: Estados de carga en aceleración	65
Figura 43: Deformación del bastidor sometido aceleración	66
Figura 44: Esfuerzos del bastidor sometido aceleración.....	66
Figura 45: Estados de carga en desaceleración	67
Figura 46: Deformación del bastidor sometido a desaceleración	68
Figura 47: Esfuerzo del bastidor sometido a desaceleración	68
Figura 48: Estados de carga aceleración derecha.....	69
Figura 49:Deformación en aceleración lateral derecha.....	70
Figura 50: Esfuerzo máximo en aceleración lateral derecha	70
Figura 51: Estados de carga en aceleración lateral izquierda	71
Figura 52: Deformación máxima en aceleración lateral izquierda	71
Figura 53: Esfuerzo máximo en aceleración lateral izquierda.....	72
Figura 54: Estado de carga en impacto frontal	73
Figura 55: Deformación máxima en impacto frontal.....	73
Figura 56: Esfuerzo máximo en impacto frontal.....	74
Figura 57: Estado de carga de resistencia al aire	74
Figura 58: Deformación máxima en resistencia al aire.....	75
Figura 59: Esfuerzo máximo en resistencia al aire	75
Figura 60: Esquema propuesto para la manufactura de un bastidor tipo Go Kart.	80
Figura 61: Boceto para ensamble de la estructura	81
Figura 62: Señalización de piezas	83
Figura 63: Tipo de corte llamado boca de pescado.....	84
Figura 64: Procesos de remoción de material	84

Figura 65: Proceso de corte de la tubería	85
Figura 66: Doblado del frontal	85
Figura 67: Proceso de soldadura del chasis.	88
Figura 68: Proceso de soldadura del chasis	88
Figura 69: Proceso de soldadura del chasis	89
Figura 70: Chasis soldado completo	89
Figura 71: Bastidor ensamblado.....	90
Figura 72: Pintado del chasis	91
Figura 73: Bastidor sometido al calor	91
Figura 74: Bastidor terminado	92

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo tiene como objetivo realizar el proceso de manufactura de un bastidor para un vehículo Go Kart. En primer lugar, se realiza el diseño del bastidor que cumpla con la normativa impuesta por la CIK- FIA, la selección del material se realiza mediante una elección previa de los tres materiales utilizados generalmente en el Ecuador para la fabricación de bastidores como son el ASTM A36, ASTM A 500 grado A y el ASTM A1011, el análisis realizado en el software Ansys demuestra que el mejor comportamiento a los esfuerzos aplicados lo tiene el acero ASTM A1011 por lo que es seleccionado para la manufactura del mismo. Para la fabricación del bastidor se diseña un proceso de manufactura eficiente en el cual se toma en cuenta el tiempo de fabricación, costos y eficiencia seleccionando los procesos de manufactura más adecuados para la elaboración del bastidor, obteniendo una estructura funcional, estética y económica.

Palabras Clave: Bastidor, Go Kart, análisis, manufactura, optimización.

ABSTRACT

The present work aims to carry out the manufacturing process of a Go Kart chassis. Firstly, the design of the chassis is carried out in accordance with the regulations imposed by the CIK-FIA. The selection of the material is made by means of a previous choice of the three materials generally used in Ecuador for the manufacture of chassis, like ASTM A36, ASTM A 500 grade A and ASTM A1011. The analysis performed in the Ansys software shows that the best behavior to the applied stresses is the ASTM A1011 steel, so it is selected for the manufacture of the same. For the manufacture of the chassis, an efficient manufacturing process is designed in which the manufacturing time, costs and efficiency are taken into account by selecting the most suitable manufacturing processes for the elaboration of the frame, obtaining a functional, esthetic and economic structure.

Keywords: Chassis, Go Kart, analysis, manufacturing, optimization.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

El diseño y manufactura de bastidores para vehículos Go Kart, se ha desarrollado desde sus inicios en Estados Unidos en los años 60, donde su construcción era netamente empírica y únicamente consistía en un pasatiempo pero que se fue extendiendo a gran velocidad al punto que, en los años 70, la Federación Internacional de Automovilismo (FIA) vio la necesidad de crear un ente regulador en estas competencias la Comisión Internacional del Karting (CIK- FIA).

A partir de este punto empieza la carrera por el desarrollo del bastidor y motores especializados para este tipo de competencias, llevando siempre la iniciativa en la industria automovilística en Italia donde la marca “TECNO” desarrolló el primer bastidor de competencia y del cual se han derivado los diseños existentes, en la actualidad se considera al karting como la categoría formativa para los futuros pilotos de Fórmula 1 [1].

El bastidor es una estructura o armazón, la cual tiene como función, soportar, fijar y reunir los diferentes elementos y grupos mecánicos que conforman el vehículo. Los elementos constitutivos del chasis son los largueros y los travesaños [2].

En estudios realizados por: Marco Evangelos, Mirone ha demostrado que, cuando se pretende diseñar y construir un bastidor se deben tomar en cuenta, varios parámetros como el peso que va a soportar, el material del cual va a ser construido, proceso de doblado y soldadura a ser aplicados, el tipo de propulsión que va a poseer así también la seguridad que debe presentar para garantizar el bienestar del piloto [3] [4].

Es muy importante la seguridad, como lo estudia Abhijit Padhi donde el objetivo principal es mejorar la seguridad hacia el ocupante del vehículo Go-Kart, el cual está diseñado teniendo en cuenta las reglas impuestas por Go - Kart Design Challenge 2015. Se realizó cálculos teóricos que se han desarrollado a través de varios análisis.

Estas investigaciones dan como resultado un chasis que posee un mejor rendimiento una mayor flexibilidad y seguridad. El diseño se valida con un modelo asistido por computador con el cual se verifican los resultados de tal forma que cumple los requisitos de seguridad, también se aplica un método innovador de diseño logrando el incremento de seguridad, sin aumentar significativamente el peso total del chasis [5].

Ryota Koike valida los estudios dinámicos y estáticos del bastidor mediante elementos finitos. Este artículo trata sobre el análisis dinámico de un kart de competición considerando una deformación elástica del bastidor del kart. Como el primer paso de esta investigación, se realizó un modelo de armazón de kart que fue validado por medio de ensayos estáticos y dinámicos. En la prueba estática, la tensión en el bastidor del kart causado por una operación de dirección se midió por galgas extensométricas, y comparado con el resultado de la simulación se obtuvieron datos muy cercanos a los obtenidos en la prueba estática y de tensión. La respuesta dinámica del bastidor se evaluó mediante una prueba de impacto, el resultado de la prueba se comparó con el del análisis modal de la estructura del bastidor [6].

Anjul Chauhan habla sobre la factibilidad y bajo coste en la manufactura de un Go kart, este informe documenta el proceso y la metodología para producir un kart de bajo coste que es cómodo, duradero. El equipo se centra en un vehículo técnicamente sólido que es respaldado por un profundo diseño y buenas prácticas de fabricación. El informe explica el enfoque, los motivos, los criterios de selección y el funcionamiento previsto de los parámetros del vehículo [7].

Las investigaciones realizadas han demostrado que los go karts son fabricados para ser la base de investigación automotriz, ya que permiten el desarrollo de nuevas tecnologías en cuanto a seguridad, diseño y procesos; la producción de los mismos

reduce costos y permite la aplicación de tecnologías específicas en forma de experimentación para su aplicación posterior en vehículos de alta, media y baja gama.

La selección del proceso de fabricación es una decisión estratégica que involucra seleccionar qué tipos de procesos de producción debemos considerar. Una decisión esencial en el diseño de un sistema de producción es el proceso que se usará para hacer productos o brindar servicios. Esto involucra decisiones en campos tales como recursos humanos, equipos, materiales y tecnología [8] [9].

En el Ecuador a partir de las nuevas políticas implementadas por el estado se ha promovido a los ensambladores de vehículos incorporar al menos el 15% de componentes de fabricación nacional, lo que ha incentivado el desarrollo de tecnologías de diseño y fabricación en todas las categorías de competición automovilística [10].

En el país existen competiciones en las cuales, se fomenta la construcción de bastidores aplicando materiales existentes en el entorno nacional, sin embargo, las normativas de calificación bajas, no permitirían la homologación y participación de los mismos en otros países donde se apliquen las reglas CIK- FIA de manera rigurosa dando así cierta limitación en cuanto a la calidad de la manufactura del chasis [11].

1.2 JUSTIFICACIÓN

En el presente trabajo se realiza el diseño y un proceso de manufactura para la construcción de un bastidor de un vehículo de competencia tipo Go Kart, el cual permitirá realizar pruebas que garanticen la funcionalidad del mismo.

El trabajo mejora la seguridad del piloto de competencia, la reducción de costos por la optimización en el proceso de fabricación y la nacionalización de un producto de calidad lo que disminuiría la salida de divisas del Ecuador.

La investigación sirve para dar un enfoque teórico- práctico a nivel mundial y nacional del desarrollo de bastidores para vehículos de competición Go Kart.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 GENERAL

- Diseñar el proceso de manufactura para un bastidor de un vehículo de competición Go Kart usando técnicas de optimización.

1.3.2 ESPECÍFICOS

- Realizar una pertinente investigación bibliográfica en la que se encuentre los principales estudios referentes al diseño y manufactura de bastidores.
- Diseñar el bastidor del vehículo Go Kart mediante elementos finitos, cumpliendo las directrices establecidas en las normativas CIK-FIA y criterios de optimización.
- Diseñar un proceso de manufactura que garantice la fabricación de un bastidor para un vehículo Go Kart bajo normativas de la CIK- FIA.
- Construir el bastidor del vehículo Go Kart utilizando las especificaciones del diseño detallado y optimizando los procesos de fabricación.

1.4 HIPÓTESIS

Usar técnicas de optimización en el diseño y manufactura de un bastidor de un vehículo Go Kart permite mejorar el comportamiento dinámico y el proceso de fabricación del vehículo.

1.5 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Los vehículos tipo Go Kart para poder participar en una competencia debe cumplir con los parámetros ordenados por la CIK- FIA (Comisión Internacional de Karting), la cual implementa regulaciones en cuanto a motores, transmisión, frenos y bastidores. Estas regulaciones son importantes para que un vehículo pueda considerarse homologado, cada uno de estos parámetros cuenta con especificaciones y regulaciones generales que limitan las características de los mismos [12].

El “Reglamento General Deportivo de Karting” redactado por el organismo regulador del Ecuador FEDAK (Federación Ecuatoriana de Automovilismo y Kartismo Deportivo) norma como vehículos aceptados para la participación a todos aquellos que entren en el reglamento técnico interno de la competencia y que cumplan con las regulaciones de la CIK FIA [13].

Para tomar en cuenta la aplicación de regulaciones de bastidores detalladas a continuación se toma en cuenta a las normas de la RFEDA CIK- FIA (Real Federación Española de Automovilismo), la cual cumple con todas las normativas actualizadas por la CIK- FIA.

1.5.1 RFEDA CIK- FIA

- **Bastidor- Cuadro**

Constituye por encima el principal elemento de soporte del vehículo, sirve como conexión rígida de las principales partes correspondientes del chasis y de la incorporación de partes auxiliares. Dota al kart de la necesaria rigidez para las posibles fuerzas que se producen cuando está en movimiento [12].

- **Descripción**

El chasis- cuadro es la parte central y de sujeción del conjunto del kart. Deberá ser lo suficientemente resistente para absorber las cargas producidas cuando el kart está en movimiento [12].

- **Requisitos**

Construcción de acero tubular magnetizado de sección cilíndrica. Una pieza con partes soldadas no podrá ser desmontada. Sin conexiones (móvil en 1, 2, o 3 ejes). La flexibilidad del chasis- cuadro corresponde con los límites de elasticidad de la construcción tubular [12].

- **Material**

Acero estructural o aleación de acero estructural, respondiendo a las clasificaciones ISO 4948 y a las designaciones ISO 4949.

Están prohibidas las aleaciones de acero cuyo contenido de masa, de al menos un elemento de aleación sea ≥ 5 %. El acero magnético utilizado debe poder pasar con éxito el test de “fuerza de contacto” siguiente: un imán con un campo magnético axial de (x) Tesla ± 2 % y de masa (x) gr, al que se fija una masa (sometida a la gravedad) de (x) gr, debe permanecer en cualquier punto pegado a la superficie de los tubos del chasis- cuadro [12].

Antes del test, las superficies de contacto se habrán desecho de cualquier tratamiento de acabado con la ayuda de un abrasivo.

En cualquier circunstancia, a discreción de los Comisarios Técnicos o de la Autoridad Deportiva o incluso por reclamación, se podrá realizar un análisis químico (por fluorescencia) y prevalecerá sobre el resultado del test de “fuerza de contacto” [1].

1.5.2 Partes Principales del Chasis

- **Función** Transmisión de las fuerzas de la pista al chasis- cuadro solo mediante los neumáticos.
- **Descripción** En la figura 1 se puede observar el esquema básico de un bastidor con todos los componentes que lo conforman.

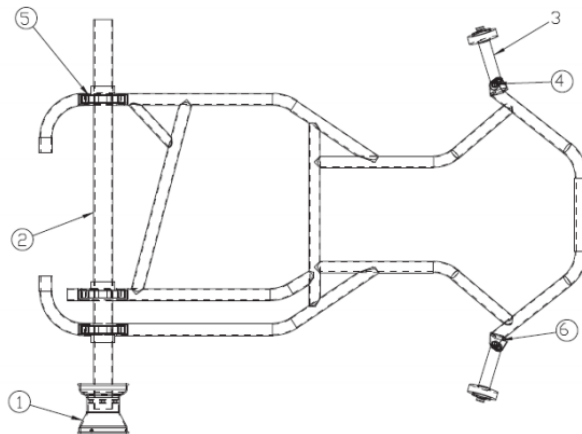


Figura 1 : Chasis bastidor y piezas principales [1].

Componentes principales:

1. Llanta.
2. Eje trasero.
3. Manguetas.
4. Rótulas.
5. Soportes del eje trasero.
6. Piezas de conexión delanteras.

- **Requisitos**

1. Todas las partes principales del chasis deben estar sólidamente conexas entre sí al chasis- tubular.
2. Es obligatoria una construcción rígida, sin articulaciones (móvil en 1, 2 o 3 ejes).

3. Las conexiones articuladas están permitidas solo para los soportes convencionales del porta - mangueta y pivote de dirección.
4. Cualquier otro instrumento con función de articulación en 1, 2 o 3 ejes está prohibido.
5. Cualquier dispositivo hidráulico o neumático de absorción de oscilaciones está prohibida.

- **Requerimiento Eje Trasero**

Podrá tener un diámetro exterior máximo de 50 mm y un espesor mínimo en todos los puntos de 1.9 mm (excepto en los chaveteros). Así mismo el espesor mínimo vendrá dado en función del diámetro exterior según la siguiente relación:

Tabla 1: Requerimientos Eje Trasero [12].

DIÁMETRO	ESPEJOR	DIÁMETRO	ESPEJOR
50	1.9	37	3.4
49	2	36	3.6
48	2	35	3.8
47	2.1	34	4
46	2.2	33	4.2
45	2.3	32	4.4
44	2.4	31	4.7
43	2.5	30	4.9
42	2.6	29	5.2
41	2.8	28	Macizo
40	2.9	27	Macizo
39	3.1	26	Macizo
38	3.2	25	Macizo

1.5.3 Partes Auxiliares del Chasis

- **Función**

Todos los elementos que contribuyen al correcto de funcionamiento del kart, y como dispositivos facultativos, sujetos a su ser en conformidad con la Reglamentación a excepción de las partes principales del chasis.

Las partes no pueden tener la función de transmitir fuerzas desde la pista hacia el chasis- tubular.

- **Descripción**

1. Fijación de los frenos, motor, escape, volante, asiento, paragolpes y filtro de admisión.
2. Lastre.
3. Todos los dispositivos y conexiones.
4. Todas las placas y todos los soportes.
5. Otros puntos de fijación- secciones y tubos de refuerzo.
6. Frenos y discos de freno.

1.5.4 Dimensiones y Pesos

Especificaciones técnicas:

Dimensiones y especificaciones:

Tabla 2: Dimensiones y especificaciones del bastidor [12].

Dimensiones y especificaciones del Bastidor	
Distancia entre los ejes:	Mínimo 101 cm.
	Máximo 107 cm.
Vía:	Como mínimo 2/3 de la distancia utilizada entre los ejes.
Largo total máximo:	182 cm, sin carenado frontal y/o trasero.
Ancho total:	140 cm máximo.
Alto total:	65 cm máximo desde el suelo, asiento excluido.

Ningún elemento debe sobrepasar el cuadrilátero formado por el carenado trasero y delantero y las ruedas.

Exigencias que establece el reglamento de la CIK- FIA:

- Chasis de construcción tubular de sección cilíndrica en acero.
- Estructuras monolíticas para las piezas soldadas no desmontables, sin conexiones (móviles dentro 1, 2 o 3 ejes).
- Flexibilidad del chasis correspondiente a los límites de elasticidad de la construcción tubular.
- Todas las piezas principales de los chasis estarán fijadas sólidamente unas con las otras o al chasis.
- Una construcción rígida es necesaria, a pesar de las articulaciones (móviles dentro 1, 2 o 3 ejes).
- Las conexiones articuladas no son con el soporte convencional de la manecilla del eje y la dirección.
- Todo dispositivo de amortiguación hidráulica o neumática contra oscilaciones está prohibido.
- El eje posterior ha de tener un diámetro exterior máximo de 50 mm y un espesor de pared mínimo en todo el tubo de 1.9 mm.

Pesos: Los pesos que se indican en cada categoría son mínimos absolutos que deben poder ser controlados en todo momento durante la competición, estando el piloto equipado normalmente para la carrera (casco, guantes, botas y mono).

Para poder determinar el peso es importante seleccionar la categoría, una categoría común en las competiciones es la categoría “SENIOR” de 125 cc, por selección personal debido a que existe factibilidad para la implementación de un motor de está cilindrada se va a elegir esta categoría al momento de tomar en cuenta especificaciones de peso y restricciones auxiliares, donde el peso mínimo en orden de marcha es 158 Kg.

1.5.5 Conceptos de Diseño Generales

El bastidor es la base de un Go- Kart y en general de todos vehículos, debe soportar cargas estáticas, dinámicas en aceleración, frenado y comportamiento lateral; el cual

es más fuerte en un Go- Kart ya que no cuenta con un sistema de suspensión lo que hace que el esfuerzo en el mismo se mayor.

1.5.6 Rigidez del Bastidor

Capacidad de un bastidor para soportar esfuerzos sin sufrir una deformación o desplazamiento acentuado [14]. Se puede definir a la rigidez como:

$$K = \frac{F}{d} \quad \text{Ec 1}$$

Donde:

$$K = \text{Rigidez} \left(\frac{\text{N}}{\text{m}} \right).$$

F = Esfuerzo o carga que experimenta el chasis (N).

d = Desplazamiento o torsión (m).

El bastidor de un kart debe ser rígido para transmitir la máxima potencia al suelo y también debe permitir una cierta flexión y torsión para aportarle agarre, ya que estos vehículos carecen de suspensión y deben tener una cierta torsión para asemejarse a ello [15].

- **Rigidez a Flexión**

Debido a la gravedad, las masas que soportan el bastidor dan lugar a cargas en un plano perpendicular al plano del chasis, por lo que en la estructura se genera un momento flector [14] como se observa en la figura 2.

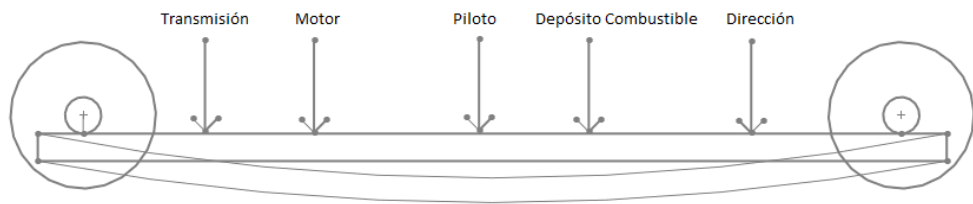


Figura 2: Rigidez a Flexión [14].

La rigidez a flexión para tubos viene determinada por:

$$K = \frac{M}{\theta} = \frac{E I}{L} \quad \text{Ec 2}$$

Donde:

M = Momento flector (N m).

θ = Giro (rad).

E = Modulo de elasticidad (GPa).

I = Momento de inercia de la sección (mm⁴).

L = Longitud del tubo (mm).

Para calcular el momento de inercia en una sección tubular se debe aplicar la siguiente ecuación.

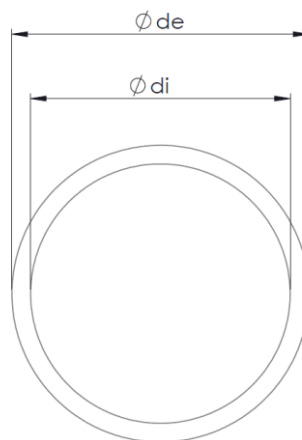


Figura 3: Sección Tubular [14].

$$i = \frac{\pi(d_e^4 - d_i^4)}{64}$$

Ec 3

- **Rigidez a Torsión**

La rigidez a torsión se da debido a cargas asimétricas que produzcan un momento torsor sobre el bastidor, estas cargas pueden ser verticales (curvas, baches), u horizontales (fuerza centrífuga de las masas sobre el chasis que generan un par torsor) [14].

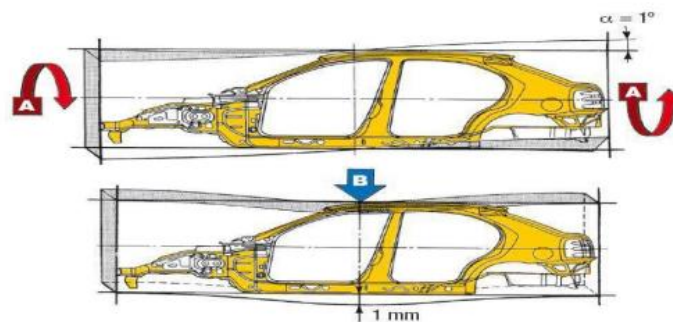


Figura 4: Momento torsor [14].

La rigidez a torsión para tubos viene determinada por:

$$K = \frac{T}{\theta} = \frac{G J}{L}$$

Ec 4

Donde:

T = Momento torsor (N m).

θ = Giro (rad).

G = Módulo de cortadura (GPa).

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

Ec 5

ν = Coeficiente de Poisson.

L = Longitud del tubo (mm).

J = Módulo de torsión (mm⁴); Para sección circular hueca coincide con I₀.

$$I_0 = \frac{\pi(d_e^4 - d_i^4)}{32}$$

Ec 6

- **Peso y Distribución de Cargas**

En las competiciones automotrices un factor que siempre se debe considerar es el peso, la reducción del mismo se traduce en un mejor arranque a la salida de las curvas y una mejor aceleración. Sin embargo, en cada categoría existen restricciones en cuanto al peso mínimo que debe tener el Go- Kart para de esta manera tener carreras más equitativas [15].

El peso mínimo de la categoría “SENIOR” de 125 cc en orden de marcha es de 158 .Kg. La distribución de masas se debe dar de forma que la altura del centro de gravedad figura 5, sea la más baja posible, de esta manera se obtiene mayor estabilidad en dinámica longitudinal y lateral, sin embargo, disminuir en exceso la altura de un vehículo provocaría problemas en superficies irregulares [15].

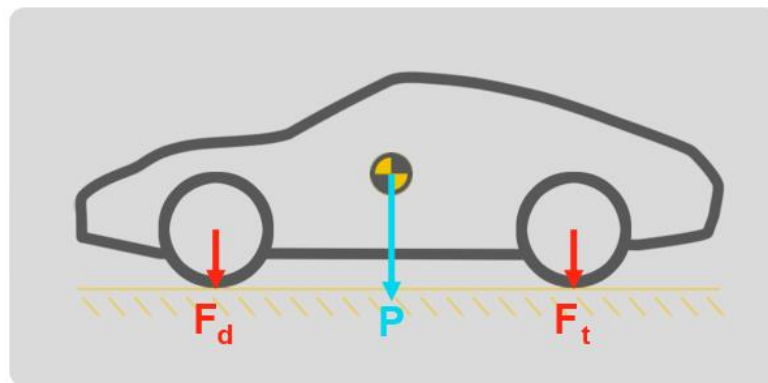


Figura 5: Centro de Gravedad Vehículo [16].

1.5.7 Geometría de Dirección

Son parámetros encargados de proporcionar estabilidad en curvas, permitir una fácil conducción, evitar fatigas mecánicas, prolongar la vida de los neumáticos.

- **Ángulo de Caída (Camber)**

El ángulo de caída es el grado de inclinación del neumático respecto a un eje vertical ver figura 6.

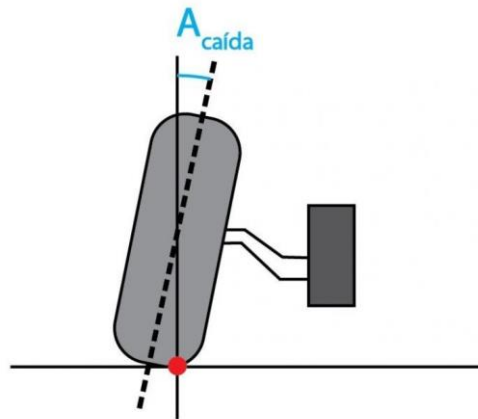


Figura 6: Ángulo de caída [17].

Existen tres tipos de configuraciones que se pueden dar en el ángulo de caída; camber neutro es cuando el neumático no posee inclinación, camber positivo se produce cuando la ruedas tienen convergencia hacia la parte inferior y el camber negativo es cuando las ruedas convergen hacia la parte superior [18], como se observa en la figura 7.

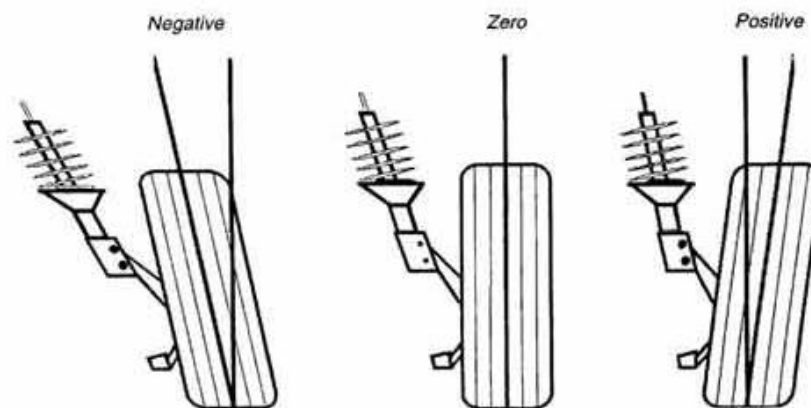


Figura 7 : Ángulos de caída de la rueda [19].

Un ángulo de caída neutro es el recomendado para alargar la vida útil de los neumáticos, para lograr un camber cero en un kart se debe dar una caída inicial

ligeramente positiva de entre 0.5 y 2 grados de inclinación, de forma que cuando el piloto se siente en el vehículo las ruedas tomen un camber cero [18].

- **Ángulo de Salida**

Es el ángulo que está formado entre la rótula inferior y superior de la mangueta y un eje vertical como se observa en la figura 8. En un Kart el ángulo está comprendido entre 11 y 13 grados [18].

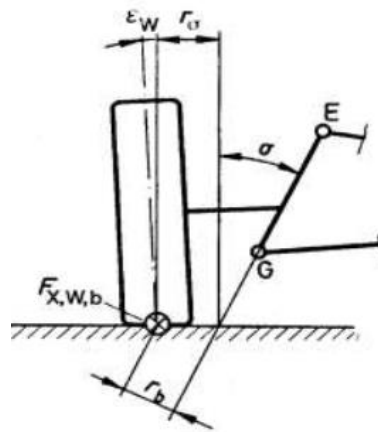


Figura 8: Ángulo de salida [19].

Este ángulo tiene como función reducir el esfuerzo al momento de realizar la orientación de los neumáticos, disminuir el ángulo de caída de las ruedas y el desgaste de las mismas, favorecer la retornabilidad y el auto centrado de la dirección [18].

- **Ángulo de Avance**

El ángulo de avance figura 9 tiene la función de mantener la dirección estable y precisa, favorecer la retornabilidad de la dirección, evitar las vibraciones en los neumáticos. En vehículos de propulsión trasera el ángulo de salida está comprendida entre 5 y 16 grados.

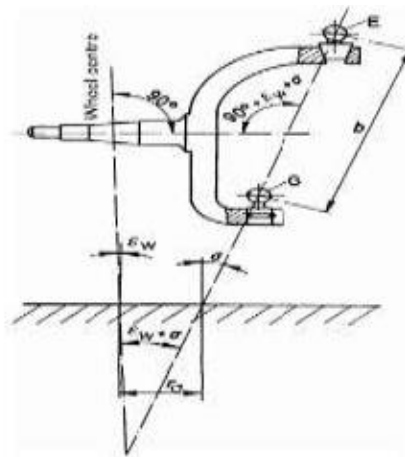


Figura 9: Ángulo de Avance [19].

- **Convergencia y Divergencia**

La convergencia y divergencia figura 10 es la diferencia que existe entre las distancias de la parte delantera y posterior de los neumáticos. Si la distancia frontal del neumático es mayor a la posterior, se denomina convergencia negativa o divergencia, si la distancia frontal es menor a la posterior se denomina convergencia positiva. La convergencia suele tener valores entre 1 y 2 mm [18].

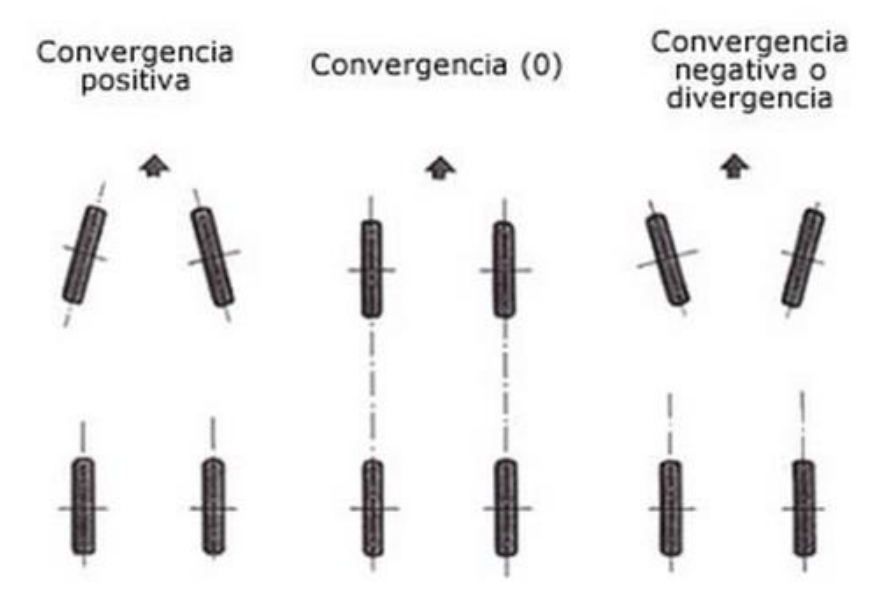


Figura 10: Convergencia y Divergencia en los vehículos [19].

1.5.8 Ergonomía del conductor

La posición del conductor es muy importante en el comportamiento del vehículo, el peso del piloto representa aproximadamente el 55 % del peso total del Kart, al carecer de suspensión todas las vibraciones son transmitidas directamente al piloto por lo que situarlo en una correcta posición favorece a su resistencia física ante las exigencias requeridas durante la competencia [20].

Al realizar el montaje del asiento se debe considerar el reparto del peso cuando el piloto se sienta en él, esto será crucial para determinar el centro de gravedad y por lo tanto el comportamiento del kart en pista [20].

En la figura 11 se muestran medidas generales para la posición del asiento:

1. Desde el borde del asiento al interior de la barra delantera del chasis entre 580 y 620 mm.
2. Desde el alto del asiento y el eje trasero entre 240 y 270 mm.
3. Desde el fondo del asiento al suelo 20 mm.

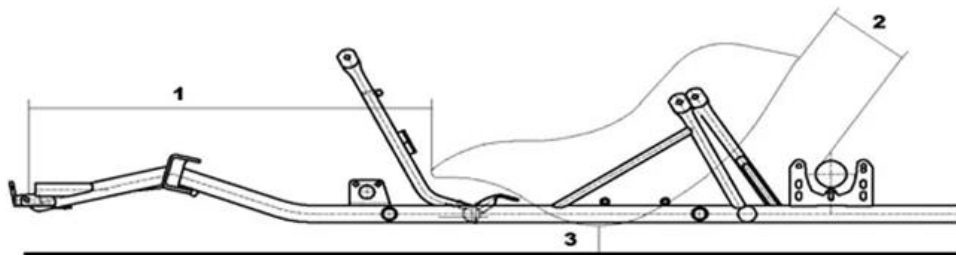


Figura 11: Indicaciones para la instalación del asiento de un kart [21].

1.5.9 Materiales para Manufactura

Para poder hacer una adecuada selección del material es importante delimitar que materiales se puede utilizar en este caso la CIK- FIA dispone materiales para la fabricación del chasis a aquellos que cumplan con las normativas ISO 4948 y 4949. No se pueden usar aceros aleados cuyo contenido de masa, de al menos un elemento

de aleación sea $\geq 5\%$. Se han pres seleccionado 3 tipos de material SAE 4130, ASTM A 500, ASTM A1011, ASTM A36.

1.5.9.1 SAE 4130

El acero de aleación AISI 4130 es un acero de baja aleación de carbono medio en el estándar ASTM A29. El acero ASTM 4140 también se conoce comúnmente como acero cromolítico o acero al cromo molibdeno, que contiene nominalmente 0.28-0.33 % de carbono, 0.8-1.1 % de cromo y 0.15-0.25 % de molibdeno [22].

Es similar al acero 4140 que tiene un mayor nivel de carbono (0.28-0.33 %), lo que le da al material 4130 una mejor soldabilidad, a expensas de la resistencia del espesor total. Con el tratamiento térmico adecuado, también se mecaniza fácilmente. El recocido de acero de aleación ASTM 4130 ofrece una excelente ductilidad. El acero AISI 4130 generalmente se suministra como barra redonda comúnmente en la condición endurecida y templada [22].



Figura 12: Acero SAE 4130 [22].

El grado de acero AISI / SAE 4130 es una aleación versátil con buena resistencia a la corrosión atmosférica y resistencia razonable de hasta alrededor de 315° C (600° F). Muestra buenas combinaciones generales de resistencia, tenacidad y resistencia a la fatiga [22].

Tabla 3: Especificaciones de acero y normas relevantes [22].

País	Estados Unidos	BS	BS	Japón
Estándar	ASTM A29	EN 10250/ EN10083	BS 970	JIS G4105
Grados	4130	25CrMo4/ 1.7218	708 ^a 25/ 708M25	SCM430

Tabla 4: ASTM 4130 Aceros y equivalentes Composición química [22].

Estándar	Grado	do	Minnesota	PAG	S	Si	Cr	Mes
ASTM A29	4130	0.28 - 0.33	0.40-0.60	0.035	0.040	0.15- 0.35	0.80- 1.10	0.15- 0.25
EN10250/ EN10083	25CrMo 4/ 1.7218	0.22 - 0.29	0.60-0.90	0.025	0.035	<=0.4 0	0.90- 1.2	0.15- 0.30
JIS G4105	SCM43 0/ SCM2	0.28 - 0.33	0.60-0.85	0.030	0.030	0.15- 0.35	0.9- 1.2	0.15- 0.30

Tabla 5: Propiedades físicas [22].

Propiedades Físicas	
Densidad (lb/ cu. In)	0.283
Gravedad específica	7.8
Calor específico (Btu / lb / Deg F - [32-212 Deg F])	0.114
Punto de fusión (Deg F)	2610
Conductividad térmica	22.3
Expansión térmica media de Coeff	7
Módulo de Elasticidad Tensión	29

Tabla 6: Propiedades mecánicas del acero AISI 4130 [22].

Propiedades	Valores
Resistencia a la tracción, máxima	560 MPa
Resistencia a la tracción, rendimiento	460 MPa
Módulo de elasticidad	190- 210 GPa
Módulo a granel	140 GPa
Módulo de corte	80 GPa
El coeficiente de Poisson	0.27- 0.30
Alargamiento a la rotura (en 50mm)	21.50%

Reducción del área	59.6
Dureza, Brinell	217
Dureza, Knoop	240
Dureza, Rockwell B	95
Dureza, Vickers	228

- **Forja de Acero Aleado AISI 4130**

El acero ASTM A29 Grado 4130 debe ser forjado entre 1230 y 950 ° C (2250 y 1750 ° F). Cuanto más baja sea la temperatura de acabado de la forja, más fino será el tamaño del grano. Si el acero de aleación 4130 se forja a una temperatura demasiado baja, existe el riesgo de que se forme una estructura no uniforme en ciertas áreas de la parte forjada, lo que requiere un tratamiento de normalización, antes de un tratamiento térmico adicional [22].

- **Soldadura**

El acero AISI 4130 también es bueno en soldabilidad, y la aleación 4130 puede soldarse por cualquier método comercial. El material puede requerir un tratamiento térmico de alivio de tensión posterior a la soldadura en ciertos casos [22].

Se recomiendan electrodos con bajo contenido de hidrógeno junto con precalentamiento a 150 - 260 ° C (300 - 500 ° F) para mantener durante la soldadura, enfriar lentamente y aliviar el estrés cuando sea posible [22].

1.5.9.2 Acero ASTM A500 grado A

El ASTM A500 generalmente se produce como tubos estructurales de acero al carbono conformados en frío, electrosoldados y sin costura, pueden ser de forma circular, cuadrada, rectangular u otra forma especial. Se lo utiliza en construcciones electrosoldadas, remachadas o atornilladas de puentes, edificaciones, carrocerías para

autobuses y para uso en general de estructuras que requieran altas resistencias y una buena soldabilidad [23].



Figura 13 acero ASTM A500 [22].

Tabla 7 Composición química del Acero ASTM A500 [23].

Composición química AST A500				
ASTM A500	%C	%Mn	%P	%S
Grado A	0.23	1.35	0.035	0.035
Grado B	0.26	1.35	0.035	0.035
Grado C	0.26	1.35	0.035	0.035

Tabla 8: Propiedades mecánicas del Acero ASTM A500 [23].

Propiedades mecánicas ASTM A500			
ASTM A500	Límite de Fluencia MPa (KPsi)	Resistencia a la tracción Mpa (KPsi)	% Elongación
Grado A	270 (39)	310 (45)	25
Grado B	315 (46)	400 (58)	23
Grado C	345 (50)	425 (62)	21

1.5.9.3 Acero ASTM A1011

Es uno de los aceros más ampliamente utilizados en el mundo, en la confección y diseño de estructuras metálicas, viene principalmente en láminas o bobinas, que son obtenidas mediante un proceso de rolado en caliente. Pertenecen a los aceros de baja aleación y alta resistencia mecánica (HSLAS) [24].



Figura 14: Acero ASTM A1011 [25].

Tabla 9: Propiedades mecánicas Acero ASTM 1011 [24].

Propiedades Mecánicas Acero ASTM 1011	
Esfuerzo a la fluencia mínima	310 MPa (45000 Psi)
Esfuerzo a la tensión	380 MPa (55000 Psi)
Elongación mínima	21 %

Tabla 10: Propiedades químicas Acero ASTM1011 [24].

Propiedades Químicas Acero ASTM 1011	
% C	0.02- 0.15 %C
% Mn	0.60
% P	0.030
% S max	0.035
% Cu max	0.20
% Ni max	0.20
% Cr max	0.15
% Mo max	0.06
% V max	0.0008
% Cb max	0.0008
% Ti max	0.025

- **Tratamientos Térmicos**

Usualmente a este material no se le da tratamiento térmico debido a que son parte estructural. Puede ser cementado para aumentar la dureza superficial mientras mantiene su núcleo tenaz [24].

- **Soldadura**

Según el estudio realizado por: Almeida, Wellington Poveda en el 2019 bajo el tema: “Análisis de soldabilidad del Acero HSLA ASTM A1011 GR 50 Y SI INCIDENCIA EN LA FABRICACIÓN DE CARROCERÍAS METÁLICAS PARA BUSES” en la Universidad Técnica de Ambato se ha demostrado que el acero ASTM A1011 presenta buena soldabilidad y mejores características en sus propiedades mecánicas por lo que se toma este material para el presente estudio. [25].

1.5.9.4 Técnicas de Fabricación

El término de sistemas o técnicas de fabricación es parte de un proceso que se sigue para distinguir las partes o piezas que integran un objeto, se definen que tipo de materiales y herramientas se utilizaran o se utilizaron en su fabricación y por medio de la representación gráfica elaborar su diseño. [26] Las técnicas de fabricación se pueden clasificar en:

- Técnicas de Unión.
- Técnicas de Separación.
- Técnicas de Conformación.
- Técnicas de Recubrimiento.

1.5.9.5 Técnicas de Unión

Consiste en encajar piezas (de un solo material o diferentes) entre sí para que sean funcionales, entre ellos podemos encontrar:

- Ensamblado: Unión de piezas por medio de cortes y ajustes usando un pegamento, remaches, soldadura, etc.
- Clavado: Es la unión del material con clavos.
- Atornillado: Es la unión de piezas por medio de tornillos.
- Remachado: Es la unión de dos piezas o elementos mediante remaches.
- Pegado: Unión de piezas por medio de un pegamento.
- Soldadura: Unión de dos piezas metálicas mediante la fundición de las mismas con o sin material de aporte.

1.5.9.6 Técnicas de Separación

Técnicas para fragmentar una pieza, entre ellas podemos encontrar:

- Cortado: Actividad que se realiza para separar materiales, esto se puede realizar con desprendimiento o sin desprendimiento de viruta.
- Limado: Es la separación de materiales por desgaste usando lima.
- Taladro: Es un proceso de separación de materiales donde se usa un taladro y sus herramientas de corte son las brocas.
- Torneado: Proceso de separación de material para el cual se realiza un corte cilíndrico con un torno [26].

1.5.9.7 Técnicas de Conformación

Técnicas usadas para transformar materiales modificando su forma, características y propiedades según su diseño entre ellos podemos encontrar:

- Forjado: Consiste en dar una nueva forma a un metal mediante la temperatura y los golpes.
- Laminado: Acción mediante la cual se convierte o conforman los metales en lámina por medio de una máquina laminadora.
- Doblado: Consiste en darle diversas formas a los materiales en diferentes ángulos.

1.5.9.8 Técnicas de Recubrimiento

Son películas que se le agregan a los materiales para protegerlos de la corrosión, humedad, vibraciones, o para dar color o un mejor acabado a los objetos creados, entre ellos podemos encontrar:

- Pinturas o Lacas: Dan color y aíslan del medio ambiente. Son una mezcla de pigmento, aceite y solvente.
- Cromado: Es la aplicación de cromo sobre el metal, esto aumenta la resistencia a la corrosión.
- Galvanizado: Es la aplicación de una película de zinc sobre un metal, esto aumenta la resistencia a la corrosión [26].

CAPITULO II

METODOLOGÍA

2.1 MATERIALES

2.1.1 Diseño

Al iniciar con la investigación es importante realizar el estudio de diseño del bastidor por lo que es fundamental utilizar herramientas de diseño, modelado computarizado como son: LabView, Mathcad, SolidWorks, Ansys, Ls Dyna. La selección se le realizará previo un análisis de preferencias del maestrante, tutor y también de las licencias de uso con las que cuente la universidad. El o las herramientas de diseño y modelado computarizado deben estar en la capacidad de demostrar o simular las pruebas que se quieran realizar para de esta manera validar la construcción del bastidor para el vehículo Go Kart.

2.1.2 Selección de Material

En la selección del material se debe tomar en cuenta el reglamento internacional de la CIK- FIA organismo regulador de las competencias por lo que es indispensable cumplir con sus normativas. En el reglamento dice que se debe usar “Acero estructural o aleación de acero estructural, respondiendo a las clasificaciones ISO 4948 y a las designaciones ISO 4949. Están prohibidas las aleaciones de acero cuyo contenido de masa, de al menos un elemento de aleación, sea $\geq 5\%$. El acero magnético utilizado debe poder pasar con éxito el test de “fuerza de contacto” siguiente: un imán con un campo magnético axial de (x) Tesla $\pm 2\%$ y de masa (x) gr, al que se fija una masa (sometida a la gravedad) de (x) gr, debe permanecer en cualquier punto pegado a la superficie de los tubos del chasis-cuadro” [12].

Existen en el mercado aceros que cumplen con estas normativas por lo que la selección del mismo es factible [12].

Es necesario realizar simulaciones de los diseños aplicando los posibles materiales para determinar que material es el ideal para la aplicación en la estructura. Es importante tener la certificación del proveedor donde se identifique las características del material [12].

Corte: Sierra manual, discos de corte, amoladora.

Doblado: Dobladora de tubos manual o automática la selección será previa a la revisión de qué tipo de máquina produce una deformación mínima en el diámetro de la tubería ya que esto provocaría fallas en la estructura del bastidor [12].

Unión: Es necesario para la conformación del bastidor que no posea uniones mediante pernos o remaches por lo que se debe incurrir en procesos de soldadura, debido al espesor, acabado y precisión se podría seleccionar un proceso GMAW (Gas Metal Arc Welding) o GTAW (Gas Tugnsten Arc Welding) para la realización de las uniones y luego la realización de ensayos no destructivos mediante tintes penetrantes para aprobar cada una de las soldaduras realizadas [12].

Pintura: No solo es indispensable la parte mecánica de un bastidor si no también su parte estética para su presentación y posibilidad de venta en un futuro. Es necesario realizar un proceso de pintura al horno para garantizar la calidad y un excelente acabado [12].

Torneado: El proceso de torneado será necesario para la construcción de las probetas que se utilizarán en los ensayos, es suficiente el uso de un torno manual, aunque podría también aplicarse uno de tipo CNC [12].

2.2 METODOLOGÍA

La investigación tendrá un carácter cualitativo, cuantitativo y experimental, debido a que se analizará que material sujeto a la norma presenta las mejores cualidades de comportamiento mecánico en armonía con el diseño que se realizará.

2.2.1 Modalidad de Investigación

Investigación Bibliográfica

Este tipo de investigación nos ayudará a recolectar información de los estudios realizados en los últimos 5 años que hayan aportado al diseño y construcción de bastidores para vehículos de competencia Go Kart. También se la realizará en libros que contengan información básica que sustenten la construcción de este tipo de chasis, así como tesis y normativas de algunos países en los que se realicen estas competencias, siempre y cuando estas normativas estén bajo licencia CIK- FIA.

Investigación de Laboratorio

Se realizarán pruebas de laboratorio para determinar que material es el más adecuado en la implementación del diseño a desarrollar.

Investigación Experimental

Se manipularán variables en el software de investigación aplicado hasta poder obtener un mejor diseño que tenga un adecuado comportamiento ante los esfuerzos a los que se va a someter el bastidor.

2.2.2 Diagrama Metodológico

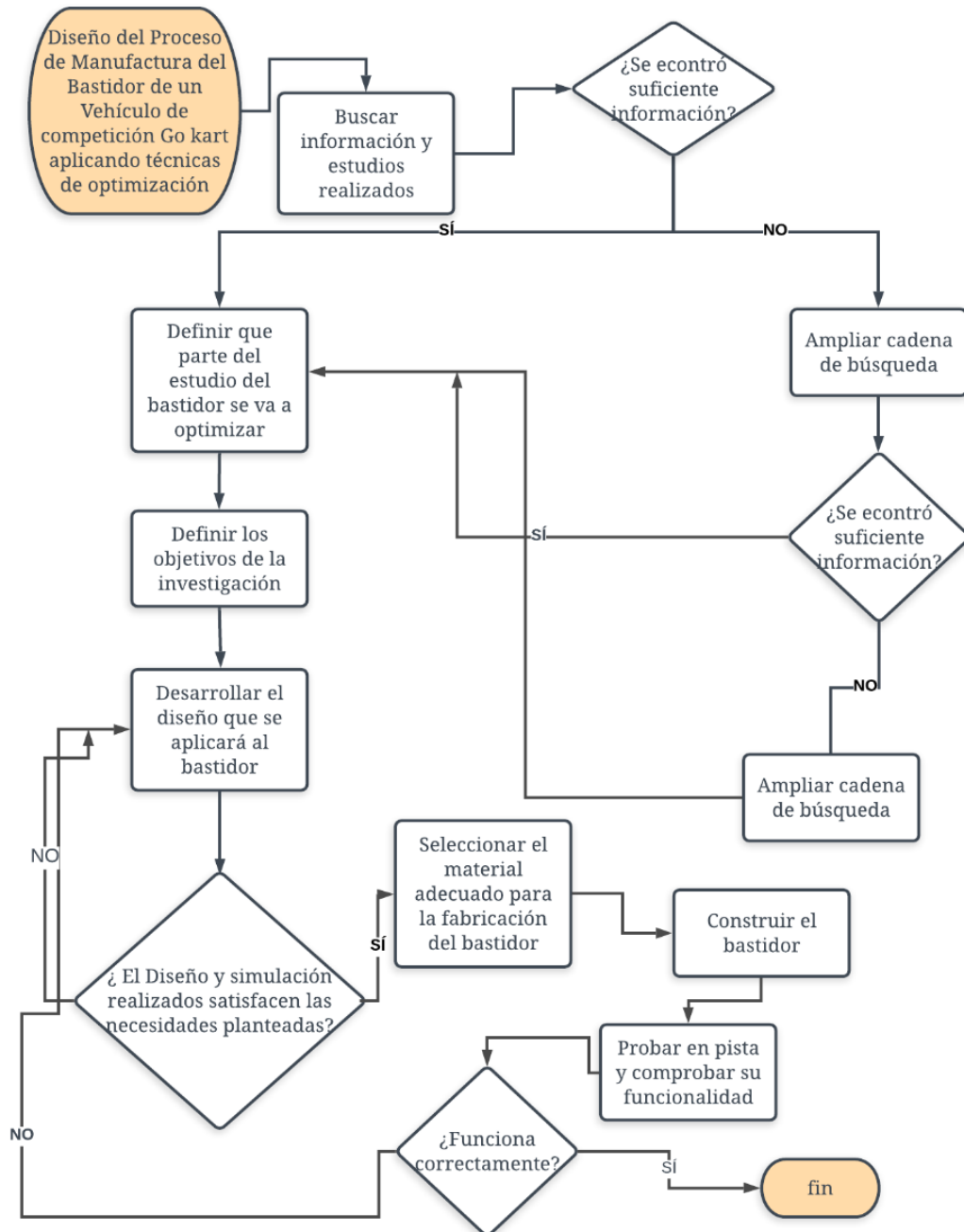


Figura 15: Diagrama metodológico.

2.2.3 Diseño del Bastidor

El diseño del bastidor marca el inicio de un proceso de manufactura adecuado, el uso de sistemas CAD- CAE en la realización de planos, promueve la reducción de gastos materiales al poder calcular la cantidad exacta de los mismos a utilizar, al mismo tiempo se puede analizar con aproximaciones muy cercanas a la realidad el comportamiento mecánico del bastidor para garantizar que el diseño a fabricar va a tener el comportamiento que el constructor requiere.

El primer paso es considerar las normas de fabricación establecidas incluyendo las medidas y el material aplicable en la construcción, la norma a ser instaurada en primer lugar es la de RFEDA (Reglamento Técnico Nacional Aplicable a todos los Campeonatos Copas, Trofeos y Challenges de España de Karting 2019), la cual posee todas las exigencias promovidas por la CIK- FIA, cabe recalcar que la aplicación de esta normativa para la realización del diseño es debido a que en el Ecuador el ente regulador FEDAK no posee normas ni reglamentos específicos para la fabricación de bastidores sin embargo exige que los vehículos en general cumplan con las directrices de la CIK- FIA.

2.2.4 Modelado

El modelado por facilidad de manejo del autor se realiza en software CAD aplicando en primer lugar un boceto con las medidas escogidas respetando las directrices dictadas por la CIK- FIA.

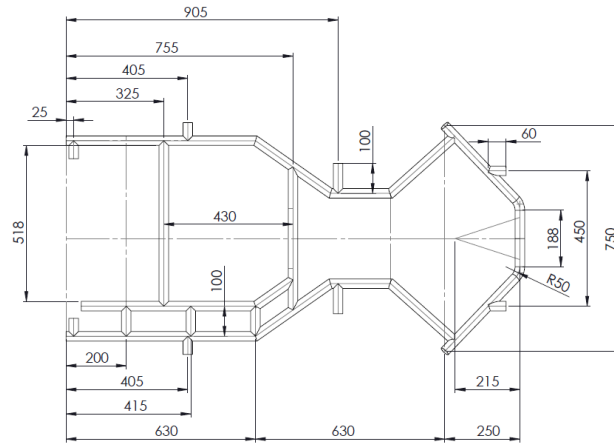


Figura 16: Boceto del bastidor.

Una vez realizado el boceto se debe considerar que el bastidor es una sola pieza unida por soldadura para cual se aplica miembro estructural en piezas soldadas.

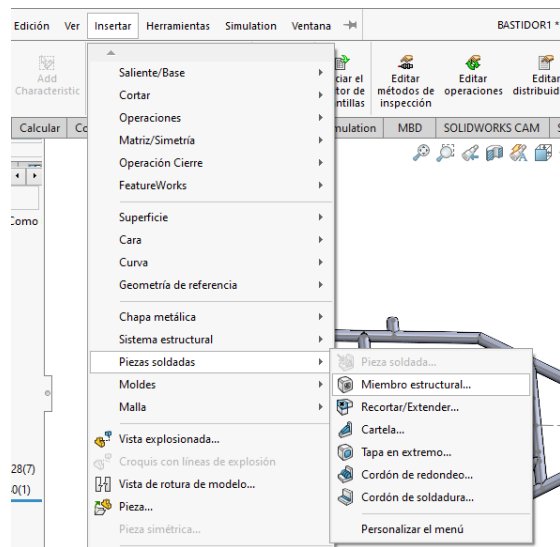


Figura 17: Miembro estructural.

Se aplica el diámetro de la tubería, el cual en los diseños validados por la CIK- FIA se encuentra entre 28 y 32 cm con un espesor de 2 a 3 mm sin costura, analizando la existencia de materiales aplicables en el país se considera una medida estándar de diámetro 31.75 mm y un espesor de 2 mm.

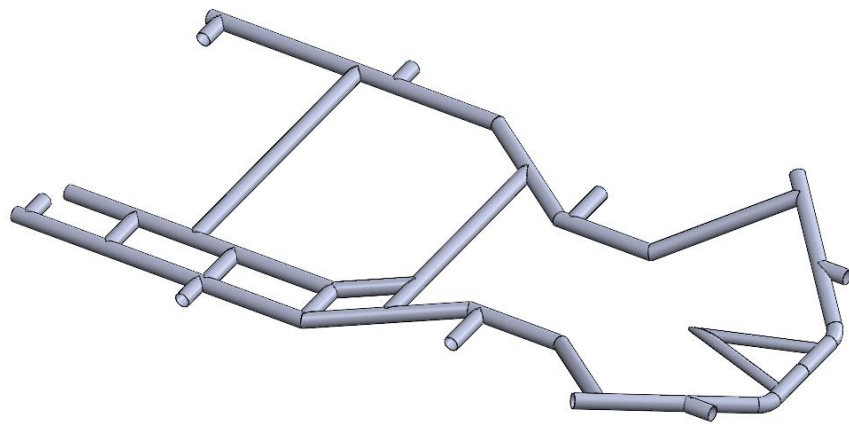


Figura 18: Modelado del Bastidor.

Finalmente se realiza un ensamblaje para colocar los soportes del asiento, bases para las chumaceras del eje posterior, soportes de las ruedas delanteras, soporte para la columna de dirección.

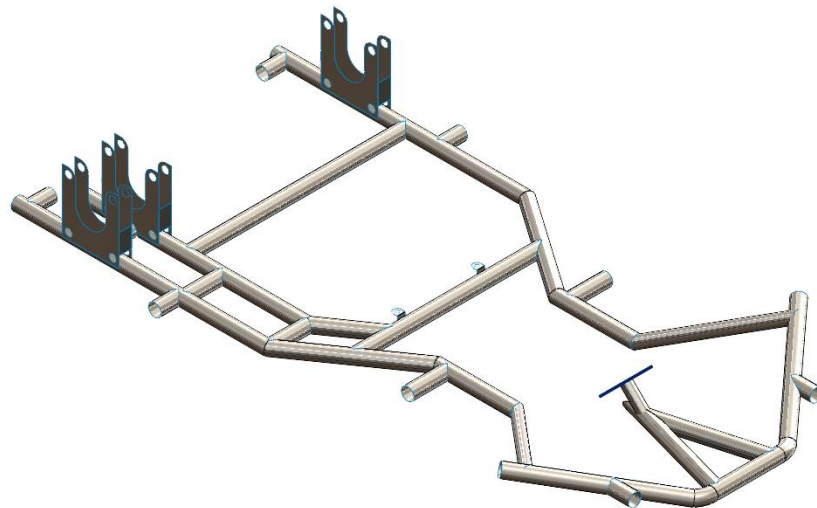


Figura 19: Ensamble bastidor.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 ANÁLISIS DEL BASTIDOR

El análisis del bastidor se realizará en el software ANSYS pues se tiene la licencia para evaluar en el cual se determina el comportamiento estático y dinámico del bastidor conforme a las cargas que se aplicarán en el mismo.

En este proyecto se consideran 3 tipos de materiales ASTM A36, ASTM A500 Grado A, ASTM A1011, los cuales existen en el mercado ecuatoriano, son de fácil adquisición y bajo coste, además es importante considerar otro tipo de materiales ya que la mayoría de investigaciones realizadas en el Ecuador se limitan a la aplicación del acero ASTM A36, sin un estudio que se compruebe que su uso es el más adecuado.

3.1.1 Determinación del centro de gravedad

Para determinar el centro de gravedad del go kart se analiza todos los elementos que conforma el vehículo, la siguiente tabla indica los componentes del vehículo.

Tabla 11: Componentes y pesos del vehículo.

Nombre del elemento	Masa (kg)
Motor	17.1
Neumáticos y llantas	5.4
Kit de transmisión	1.9
Chasis y accesorios	24
Piloto y equipamiento	77
Carenados completos	12
Total	137.4

Con los pesos de cada componente y al calcular el centro de gravedad, se establece la siguiente ecuación que definirá el centro de gravedad que servirá para determinar las fuerzas que actúan en el vehículo.

$$d_{cg} m_{total} = \sum d_i (m_i) \quad Ec 7$$

Donde:

d_{cg} = distancia desde el punto de referencia al centro de gravedad.

m_{total} = masa total del vehículo.

d_i = distancia desde el punto de referencia hasta el elemento i .

m_i = masa del elemento.

Para obtener el centro de gravedad de los principales elementos que conforman el go-kart procedemos a obtener los siguientes datos:

- Chasis: se obtiene su centro de gravedad del software CAD.
- Motor: se obtiene sobre el centro de gravedad en su barra de apoyo y a la mitad de altura de su volumen.
- Piloto: tomadas las dimensiones de posicionamiento del asiento y se añade la distancia de 15 a 25 cm dependiendo de la estatura del conductor se aplica el punto en el ombligo donde está el centro de gravedad del individuo.

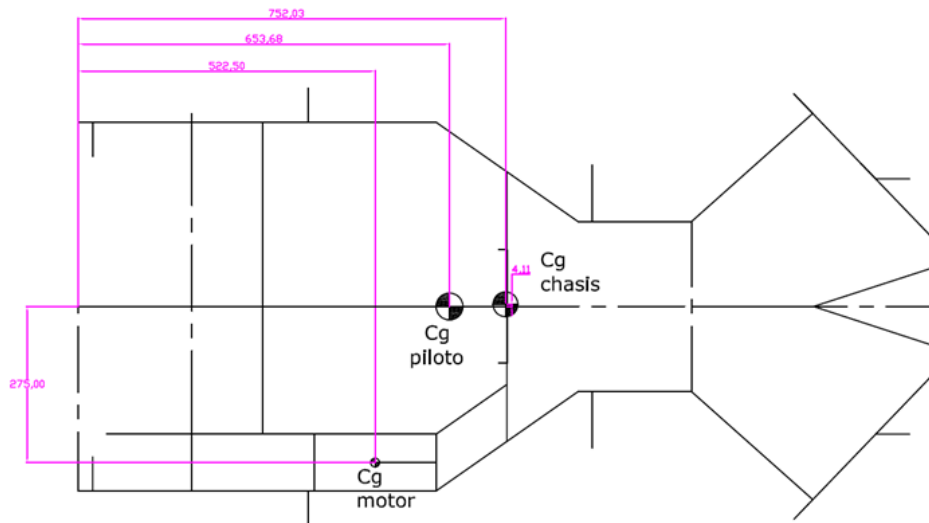


Figura 20: Centro de gravedad componentes principales.

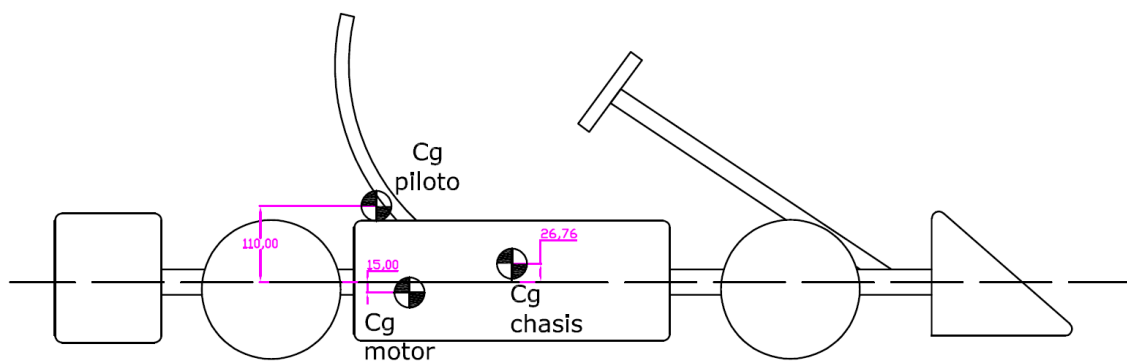


Figura 21: Centro de gravedad componentes principales.

Resolviendo la ecuación se obtiene los siguientes datos para cada eje:

Eje x:

$$d_x = \frac{(752.03 \text{ mm } 24 \text{ kg}) + (653.68 \text{ mm } 77 \text{ kg}) + (522.50 \text{ mm } 17.1 \text{ kg})}{135.4 \text{ kg}}$$

$$d_x = 571,369 \text{ mm}$$

Eje y:

$$d_y = \frac{(4.11 \text{ mm } 24 \text{ kg}) + (77 \text{ kg}) + (-275 \text{ mm } 17.1 \text{ kg})}{135.4 \text{ kg}}$$

$$d_y = -34.001 \text{ mm}$$

Eje z:

$$d_z = \frac{(-26.76 \text{ mm } 24 \text{ kg}) + (10 \text{ mm } 77 \text{ kg}) + (-115 \text{ mm } 17.1 \text{ kg})}{135.4 \text{ kg}}$$

$$d_z = -13.58 \text{ mm}$$

Por lo tanto, el nuevo centro de gravedad para el análisis del vehículo queda de la siguiente forma:

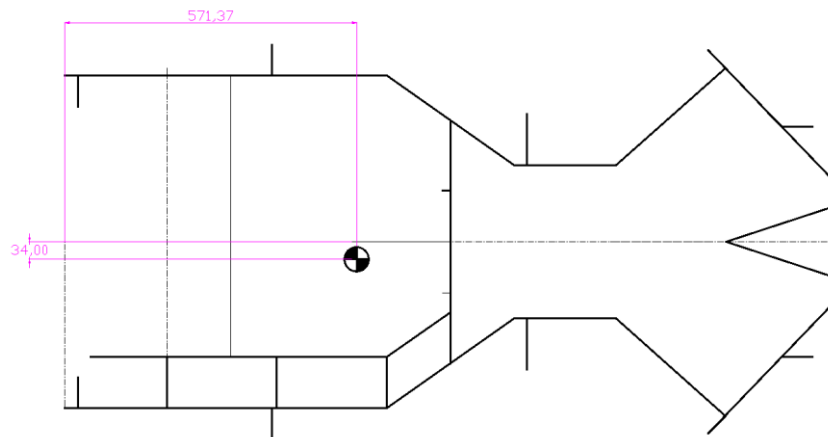


Figura 22: Centro de gravedad.

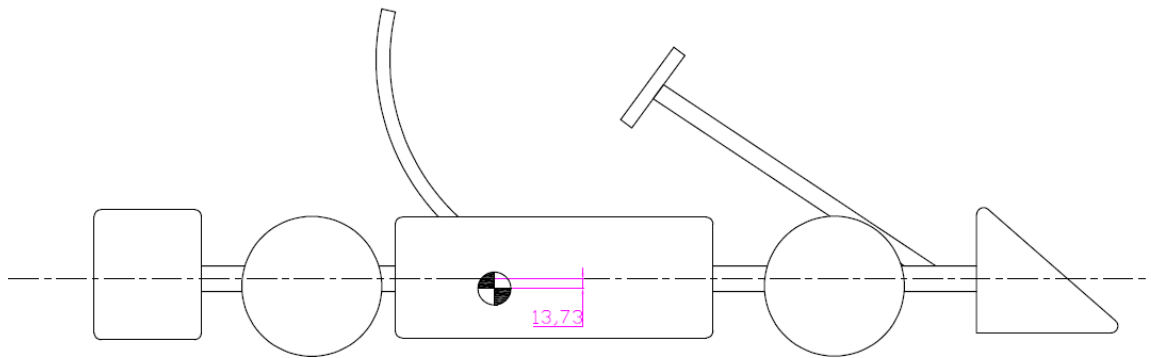


Figura 23: Centro de gravedad.

3.1.2 Transferencia longitudinal del peso

Se calcula la distribución del peso en cada eje para esto consideramos el vehículo como un cuerpo sólido rígido con movimiento en un plano horizontal sin aceleración o

movimiento lateral en la siguiente figura se presenta un diagrama del kart con todas las fuerzas que intervienen.

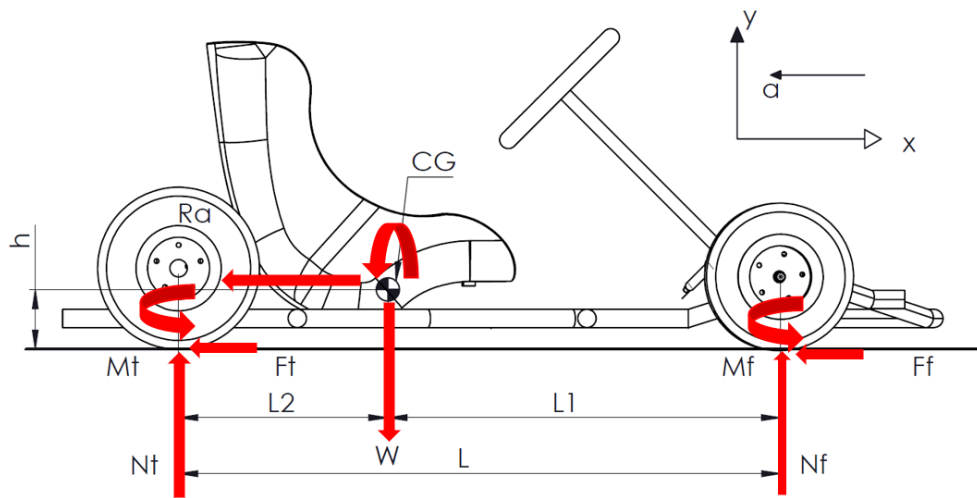


Figura 24: Diagrama de transferencia longitudinal.

Donde:

N_f = fuerza en el eje delantero (N).

N_t = fuerza eje posterior (N).

F_f = fuerza de fricción delantera del neumático.

F_t = fuerza de fricción posterior del neumático .

R_a = Resistencia aerodinámica del vehículo.

M_G = momento aerodinámico.

M_f = Momento frontal de resistencia.

M_t = momento posterior de resistencia.

L = distancia entre ejes .

L_1 = distancia entre el centro de gravedad y el eje delantero.

L_2 = distancia entre el centro de gravedad y el eje posterior.

H = altura del centro de gravedad con respecto al piso.

Para el cálculo de la transferencia longitudinal estática se necesita indicar las siguientes distancias por lo cual:

Masa de Kart total (incluye accesorios y piloto) = 137.4 Kg.

Distancia entre ejes (L)= 1039.54 mm.

Distancia del CG al eje posterior (L2) = 361.96 mm.

Distancia del Cg al eje delantero (L1) = 678.18 mm.

Gravedad (g) = 9.81 m/s².

Se aplica la ecuación definida a continuación:

Cálculo fuerza normal al eje delantero:

$$N_f = \frac{m_{total} g}{L} L_2 \quad \text{Ec 8}$$

$$N_f = \frac{137.4 \text{ kg } 9.81 \text{ m/s}^2}{1.03954} 0.36196$$

$$N_f = 469.326 \text{ N}$$

Cálculo fuerza normal al eje posterior:

$$N_t = \frac{m_{total} g}{L} L_1 \quad \text{Ec 9}$$

$$N_t = \frac{137.4 \text{ kg } 9.81 \text{ m/s}^2}{1.03954} 0.67818$$

$$N_t = 879.345 \text{ N}$$

También se determina el porcentaje de transferencia del peso en cada eje para esto se aplica la ecuación:

$$\text{Transferencia de peso en el eje delantero(\%)} = N_f = \frac{100 \%}{m g}$$

$$\text{Transferencia de peso en el eje delantero(\%)} = 34.82 \%$$

$$\text{Transferencia de peso en el eje posterior (\%)} = N_t = \frac{100 \%}{m g}$$

Transferencia de peso en el eje posterior (%) = 65.23 %

3.1.2.1 Transferencia longitudinal en aceleración

Cuando el go kart acelera aparece la fuerza opuesta conocida como fuerza de inercia que actúa de forma horizontal en el centro de gravedad es así que la fuerza de gravedad está a la misma altura del centro de gravedad generando un momento que tiende a elevar el vehículo esto reduce la carga sobre el eje delantero y aumenta en el eje posterior creando la transferencia de peso de adelante hacia atrás con una cantidad de magnitud proporcional a la magnitud de la aceleración que experimenta el vehículo en ese preciso momento.

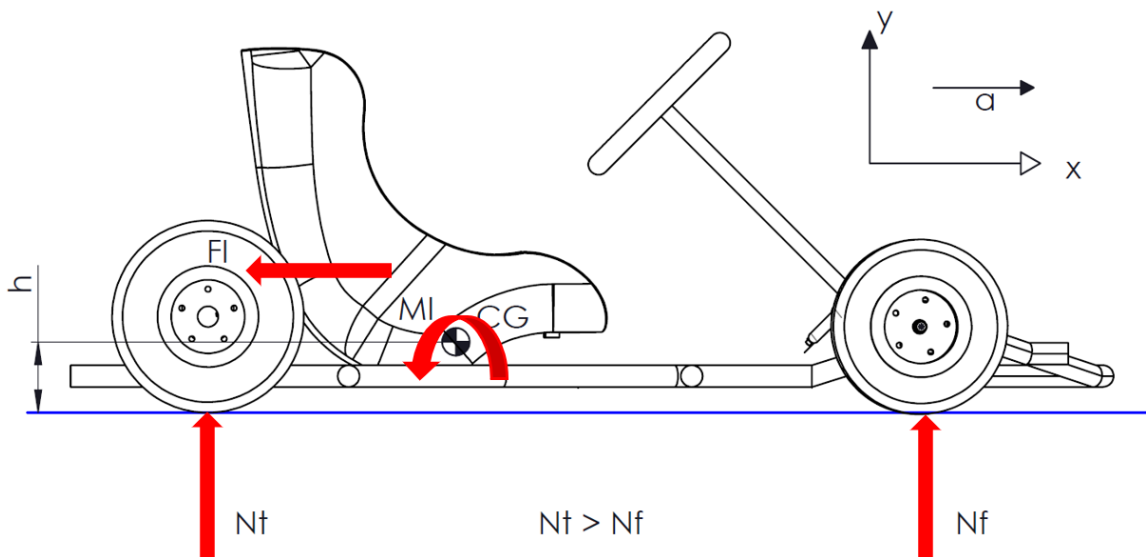


Figura 25: Diagrama de transferencia longitudinal en aceleración.

La adherencia del vehículo depende de la fuerza de fricción la cual responde a la siguiente ecuación:

$$F_r = u N \quad \text{Ec 10}$$

F_r = Fuerza de fricción (N).

u = Coeficiente de fricción.

N = Fuerza normal (N).

El parámetro que interviene directo en la adherencia es el coeficiente de fricción el cual responde a las características de los materiales que entran en contacto en general se evalúa caucho-asfalto dependiendo de la presión de inflado de los neumáticos, temperatura, desgaste y la carga normal que soporta este tipo de vehículos además influye también el ángulo de caída y el ángulo de deriva en la siguiente tabla se muestra los coeficientes de fricción que presentan varios terrenos al entrar en contacto con los neumáticos.

Tabla 12: Coeficiente de fricción [18].

Tipo de terreno	Coeficiente
Calzada de cemento	0.8
Empedrado seco	0.7
Asfalto seco	0.6 – 0.8
Calzada húmeda	0.3 – 0.4
Calzada mojada	0.25
Calzada alquitranada	0.15 – 0.20
Calzada con hielo	0.08 – 0.01

De acuerdo con la tabla y para los circuitos de competencia de karting se toma el creciente de fricción como piso seco por lo que se toma el valor de 0.7 esto quiere decir que el kart va experimentar una aceleración de 6.867 m/s^2 lo que significa que:

$$a \leq 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \leq 0.7 \text{ G}$$

Tabla 13: Valores aplicados para análisis de aceleración.

Medidas de consideración	Valores
Distancia entre ejes (L)	1039.54 mm
Distancia del centro de gravedad al eje delantero (L1)	678.18 mm
Distancia del centro de gravedad al eje posterior (L2)	361.96 mm
Gravedad (g)	9.81 m/s^2
Altura desde el piso hasta el centro de gravedad (h)	139.7 mm
Masa total del vehículo más el tripulante	137.4 kg
Momento de inercia neumático delantero I_{rf}	0.02784 Kg. m^2
Momento de inercia neumático posterior I_{rt}	0.03368 Kg. m^2
Radio del neumático posterior r_t	139.7 mm

Radio del neumático delantero r_f	127 mm
Coefficiente de fricción (u)	0.7
Aceleración	-6.867m/s^2

Análisis eje frontal en aceleración

$$N_f = \frac{m g}{L} \left(L_2 + \frac{h}{g} (a) + 4 \frac{I_{rf}}{m g r_f} (a) \right)$$

$$N_f = 336.738 \text{ N}$$

Análisis eje posterior

$$N_t = \frac{m g}{L} \left(L_1 + \frac{h}{g} (a) + 4 \frac{I_{rt}}{m g r_t} (a) \right)$$

Ec 11

$$N_t = 1012.51 \text{ N}$$

Transferencia de peso en cada eje

$$\text{Transferencia de peso en el eje delantero}(\%) = N_f = \frac{100\%}{m g}$$

$$\text{Transferencia de peso en el eje delantero}(\%) = 24.98 \%$$

$$\text{Transferencia de peso en el eje posterior}(\%) = N_t = \frac{100\%}{m g}$$

$$\text{Transferencia de peso en el eje posterior}(\%) = 75.12 \%$$

Análisis fuerza de fricción frontal

$$F_{rf} = u_f \left(\frac{m g}{L} \right) \left(L_2 + \frac{h}{g} (a) + 4 \frac{I_{rf}}{m g r_f} (a) \right)$$

Ec 12

$$F_{rf} = 235.72 \text{ N}$$

Análisis fuerza de fricción posterior

$$F_{rt} = u_f \left(\frac{m g}{L} \right) \left(L_2 + \frac{h}{g} (a) + 4 \frac{I_{rf}}{m g r_f} (a) \right) \quad \text{Ec 13}$$

$$F_{rt} = 708.757 \text{ N}$$

En relación a la figura 26 se presenta las variables para el cálculo de transferencia.

3.1.2.2 Transferencia longitudinal en desaceleración

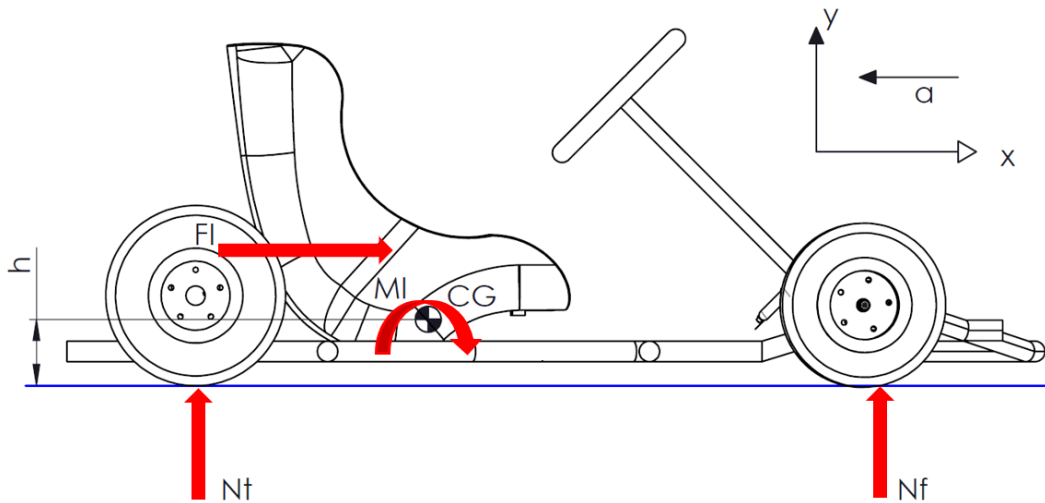


Figura 26: Diagrama de transferencia longitudinal en aceleración.

En un go kart la máxima desaceleración que experimenta el vehículo durante una carrera depende del coeficiente de adherencia del neumático al piso, por lo que se evalúa con el valor máximo de desaceleración que equivale a 6.867 m/s^2 y con el coeficiente de fricción de 0.7 para asfalto seco.

Tabla 14: Valores aplicados para análisis de aceleración.

Medidas del Bastidor	Valores
Distancia entre ejes (L)	1039.54 mm
Distancia del centro de gravedad al eje delantero (L1)	678.18 mm
Distancia del centro de gravedad al eje posterior (L2)	361.96 mm
Gravedad (g)	9.81 m/s^2
Altura desde el piso hasta el centro de gravedad (h)	139.7 mm
Masa total del vehículo más el tripulante	137.4 kg

Momento de inercia neumático delantero I_{rf}	0.02784 Kg m^2
Momento de inercia neumático posterior I_{rt}	0.03368 Kg m^2
Radio del neumático posterior r_t	139.7 mm
Radio del neumático delantero r_f	127 mm
Coefficiente de fricción (u)	0.7
aceleración	6.867m/s ²

Análisis eje frontal en desaceleración

$$N_f = \frac{m g}{L} \left(L_2 + \frac{h}{g} (a) + 4 \frac{I_{rf}}{m g r_f} (a) \right)$$

$$N_f = 601.92 \text{ N}$$

Análisis eje posterior

$$N_t = \frac{m g}{L} \left(L_1 + \frac{h}{g} (a) + 4 \frac{I_{rt}}{m g r_t} (a) \right)$$

$$N_t = 746.92 \text{ N}$$

Transferencia de peso en cada eje

$$\text{Transferencia de peso en el eje delantero}(\%) = N_f = \frac{100 \%}{m g}$$

$$\text{Transferencia de peso en el eje delantero}(\%) = 44.65 \%$$

$$\text{Transferencia de peso en el eje posterior} (\%) = N_t = \frac{100 \%}{m g}$$

$$\text{Transferencia de peso en el eje posterior} (\%) = 55.35 \%$$

Análisis fuerza de fricción frontal

$$F_{rf} = u_f \left(\frac{m g}{L} \right) \left(L_2 + \frac{h}{g} (a) + 4 \frac{I_{rf}}{m g r_f} (a) \right)$$

$$F_{rf} = 421.344 \text{ N}$$

Análisis fuerza de fricción posterior

$$F_{rt} = u_f \left(\frac{m g}{L} \right) \left(L_2 + \frac{h}{g} (a) + 4 \frac{I_{rf}}{m g r_f} (a) \right)$$

$$F_{rt} = 522.33 \text{ N}$$

3.1.2.3 Transferencia lateral del peso

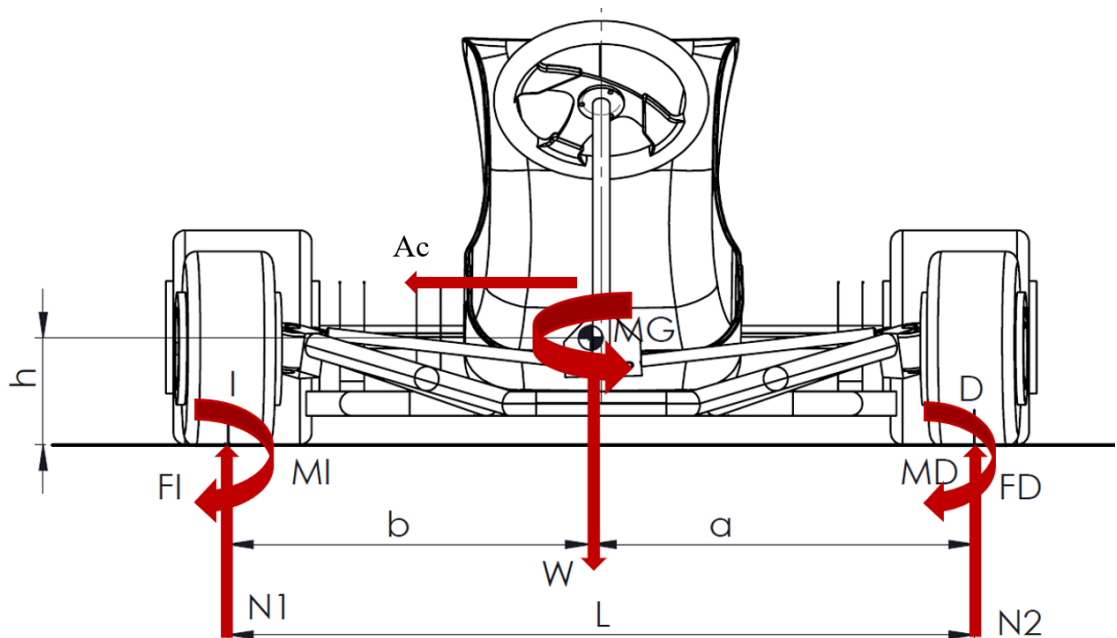


Figura 27: Diagrama de transferencia lateral.

Donde:

N1= fuerza del neumático izquierdo.

N2= Fuerza del neumático derecho.

W= peso del vehículo más el piloto (N).

Ac = aceleración centrípeta.

FI = fuerza de fricción neumático izquierdo (N).

FD = fuerza de fricción del neumático derecho (N).

L = ancho de vía (m).

h= altura del piso al centro de gravedad.

a= distancia del centro de gravedad al neumático derecho (m).

b= distancia del centro de gravedad al neumático izquierdo (m).

3.1.2.4 Transferencia lateral estática en el eje delantero

Con estos datos se obtiene la ecuación para determinar el reparto estático lateral del peso en el eje delantero como el vehículo no experimenta cambios en la aceleración centrípeta se asume que $ac = 0 \text{ m/s}^2$ y $v = 0 \text{ m/s}$.

$$N_2 = \frac{m g}{L} b \quad \text{Ec 14}$$

$$N_1 = \frac{m g}{L} a \quad \text{Ec 15}$$

Donde

$$m = 137.4 \text{ Kgr.}$$

$$L = 973.98 \text{ mm.}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2.$$

$$a = 500.63 \text{ mm.}$$

$$b = 473.34 \text{ mm.}$$

$$N_2 = 655.25 \text{ N}$$

$$N_1 = 692.823 \text{ N}$$

$$\text{Transferencia lateral de peso en el neumático izquierdo} = N_1 = \frac{100 \%}{m g}$$

$$\text{Transferencia lateral de peso en el neumático izquierdo (\%)} = 51.40 \%$$

$$\text{Transferencia lateral del peso en el neumático derecho (\%)} = N_2 = \frac{100 \%}{m g}$$

Transferencia lateral de peso en el neumático derecho (%) = 48.61 %

3.1.2.5 Transferencia lateral estática en el eje posterior

Se determina el reparto del peso lateral en el eje posterior a partir de las ecuaciones descritas anteriormente.

Donde:

$$m = 137.4 \text{ Kgr.}$$

$$L = 936.04 \text{ mm.}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2.$$

$$a = 481.75 \text{ mm.}$$

$$b = 454.29 \text{ mm.}$$

$$N_2 = \frac{m g}{L} b$$

$$N_1 = \frac{m g}{L} a$$

$$N_2 = 654.18 \text{ N}$$

$$N_1 = 693.72 \text{ N}$$

$$\text{Transferencia lateral de peso en el neumático izquierdo} = N_1 = \frac{100 \%}{m g}$$

Transferencia lateral de peso en el neumático izquierdo (%) = 51.47 %

$$\text{Transferencia lateral del peso en el neumático derecho} (%) = N_2 = \frac{100 \%}{m g}$$

Transferencia lateral de peso en el neumático derecho (%) = 48.54 %

3.1.2.6 Transferencia lateral dinámica en el eje delantero

Para este análisis se determina que el vehículo toma una curva que genera la aceleración centrípeta fuerza de inercia que es opuesta al igual que la magnitud actúa

respecto del centro de gravedad debido a esto se genera un momento lo provoca que el lado del vehículo que se encuentra en la zona interior de la curva se descargue y el externo se carga creando la transferencia de peso proporcional a la magnitud de la aceleración centrípeta a la que es sometido en ese instante el vehículo.

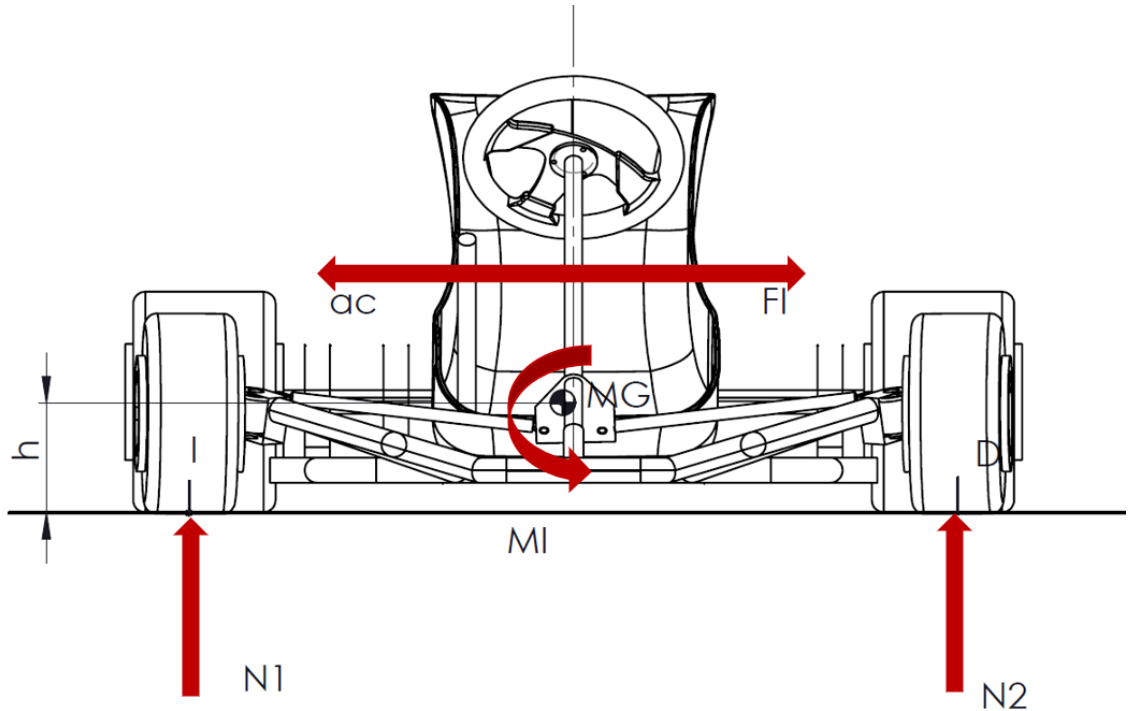


Figura 28: Diagrama de fuerzas y momentos laterales.

Se determina la aceleración centrípeta en función de la velocidad por el radio de la curva esto va depender mientras más cerrada la curva menor radio y mayor rapidez con que circule a través de la misma por lo tanto tendrá una mayor aceleración centrípeta.

La ecuación que define este comportamiento es la siguiente:

$$ac = \frac{v^2}{R} \quad \text{Ec 16}$$

Donde:

ac = aceleración centrípeta en m/s^2 .

v = velocidad del vehículo en m/s .

R = radio de la curva en m .

Se debe tomar en cuenta en la aceleración que sufre el karting es máxima y se puede obtener otras variables como la aerodinámica, elementos mecánicos, suspensión del chasis, barras antivuelco y el coeficiente de adherencia de los neumáticos con el piso peralte de la curva quedando la ecuación de la siguiente forma:

$$Fr = m \frac{v^2}{R} \quad \text{Ec 17}$$

Donde:

Fr = fuerza de fricción (N).

M = masa del vehículo más el tripulante.

V = velocidad del vehículo.

R = radio de curvatura.

Entonces para determinar la velocidad máxima a la que circule el vehículo por una curva sin peralte y radio R se define por:

$$v = \sqrt{u g R}$$

Si la velocidad es superior a la máxima permitida el vehículo sufrirá un subvirante saliendo expulsado de la curva con una trayectoria lineal. Según el reglamento SAE, el radio de curvatura par la prueba de skidpad es de 7.625 m con un ancho de pista de 3 m, como se indica en la figura 30.

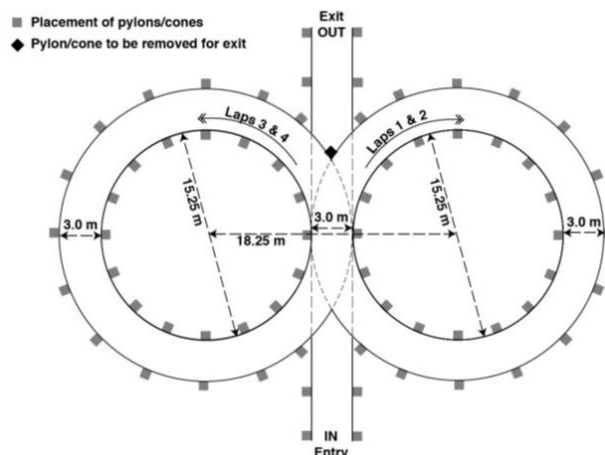


Figura 29: Curvatura permitida en pruebas skidpad [27].

Al reemplazar los datos de $R= 7.625$ m, $g= 9.81$ m/s² y el coeficiente de fricción de 0.7 se obtiene la siguiente velocidad:

$$v = 7.24 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 26.049 \text{ km/h}$$

Procedemos a obtener la aceleración centrípeta, reemplazando los valores obtenidos:

$$a_c = \frac{v^2}{R}$$

$$a_c = 6.874 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0.7 \text{ G}$$

Es importante analizar el ángulo del peralte de la curva en este tipo de vehículos queda definido por la ecuación:

$$v = \sqrt{R g \left(\frac{\sin(\theta)+u \cos(\theta)}{\cos(\theta)-u \sin(\theta)} \right)} \quad \text{Ec 18}$$

$$v = 7.921 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 28.51 \text{ km/h}$$

$$a_c = \frac{v^2}{R}$$

$$a_c = 8.23 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0.84 \text{ G}$$

La aceleración centrípeta utilizada para el análisis será de $8,23 \text{ m/s}^2$ debido a que los circuitos de karting existen curvas con cierto ángulo de peralte, y contribuyen a aumentar la velocidad máxima del vehículo. Mediante estos datos se procede con los cálculos de transferencia lateral del peso delantera del vehículo mostrados en la tabla que se muestra a continuación.

Tabla 15: Variables que intervienen en la transferencia lateral.

Variables que intervienen en la transferencia lateral	
Ancho de vía del eje delantero (L)	973.98 mm
Distancia del centro de gravedad respecto al neumático (a)	500.63 mm
Distancia del centro de gravedad respecto al neumático (b)	473.34 mm

Gravedad	9.81 m/s ²
Altura del centro de gravedad respecto del piso	139.7 mm
Aceleración (ac)	8.23 m/s ²
Masa del vehículo y tripulante	137.4 Kg
Momento de inercia neumático delantero I _{rf}	0.02784 Kg. m ²
Momento de inercia neumático posterior I _{rt}	0.03368 Kg. m ²
Radio del neumático posterior r _t	139.7 mm
Radio del neumático delantero r _f	127 mm
Coefficiente de fricción (u)	0.7

- **Análisis de la curva hacia la derecha**

$$N_2 = \frac{m g}{L} \left(b + \frac{h}{g} (ac) + 4 \frac{I_{rf}}{m g r_f} (ac) \right)$$

$$N_2 = 824.66 \text{ N}$$

$$N_2 = 824.66 \text{ N } 35.82\%$$

$$N_2 = 295.39 \text{ N}$$

$$F_{r2} = u_2 \left(\frac{m g}{L} \right) \left(b + \frac{h}{g} (ac) + 4 \frac{I_{rf}}{m g r_f} (ac) \right)$$

$$F_{r2} = 577.26 \text{ N}$$

$$N_1 = \frac{m * g}{L} \left(a - \frac{h}{g} (ac) - 4 \frac{I_{rf}}{m g r_f} (ac) \right)$$

$$N_1 = 523.22 \text{ N}$$

$$N_1 = 522.48 \text{ N } 65,23\%$$

$$N_1 = 341.29 \text{ N}$$

$$F_{r1} = u_1 \left(\frac{m g}{L} \right) \left(a - \frac{h}{g} (ac) - 4 \frac{I_{rf}}{m g r_f} (ac) \right)$$

$$F_{r1} = 366.25 \text{ N}$$

Se determina el porcentaje de transferencia del peso en el eje delantero cuando el vehículo toma la curva hacia la derecha obteniendo los siguientes valores.

Transferencia lateral del peso en el neumático derecho = 61.18 %

Transferencia lateral del peso en el neumático izquierdo = 38.76 %

• **Análisis de la curva hacia la izquierda**

$$N_2 = \frac{m g}{L} \left(b - \frac{h}{g} (ac) - 4 \frac{I_{rf}}{m g r_f} (ac) \right)$$

$$N_2 = 485.45 \text{ N}$$

$$N_2 = 485.48 \text{ N } 35.82 \%$$

$$N_2 = 173.89 \text{ N}$$

$$F_{r2} = u_2 \left(\frac{m g}{L} \right) \left(b + \frac{h}{g} (ac) + 4 \frac{I_{rf}}{m g r_f} (ac) \right)$$

$$F_{r2} = 339.815 \text{ N}$$

$$N_1 = \frac{m g}{L} \left(a + \frac{h}{g} (ac) + 4 \frac{I_{rf}}{m g r_f} (ac) \right)$$

$$N_1 = 862.42 \text{ N}$$

$$N_1 = 863.16 \text{ N } 65.23\%$$

$$N_1 = 562.04 \text{ N}$$

$$F_{r1} = u_1 \left(\frac{m g}{L} \right) \left(a - \frac{h}{g} (ac) - 4 \frac{I_{rf}}{m g r_f} (ac) \right)$$

$$F_{r1} = 603.69 \text{ N}$$

Se determina el porcentaje de transferencia del peso en el eje delantero cuando el vehículo toma la curva hacia la derecha obteniendo los siguientes valores.

Transferencia lateral del peso en el neumático derecho = 36.01 %

Transferencia lateral del peso en el neumático izquierdo = 64.04 %

3.1.2.7 Transferencia lateral dinámica en el eje posterior

Se procede a calcular la transferencia de peso que se genera en el eje posterior cuando el vehículo tiene una aceleración centrípeta de 0.83 G para ello se determina las siguientes variables.

Tabla 16: Variables que intervienen en la transferencia lateral posterior.

Ancho de vía del eje delantero(L)	936.04 mm
Distancia del centro de gravedad respecto al neumático (a)	481.75 mm
Distancia del centro de gravedad respecto al neumático (b)	454.29 mm
Gravedad	9.81 m/s ²
Altura del centro de gravedad respecto del piso	139.7 mm
Aceleración (ac)	8.23 m/s ²
Masa del vehículo y tripulante	137.4 kg
Momento de inercia neumático delantero I _{rf}	0.02784 Kg m ²
Momento de inercia neumático posterior I _{rt}	0.03368 Kg m ²
Radio del neumático posterior r _t	139.7 mm
Radio del neumático delantero r _f	127 mm
Coefficiente de fricción (u)	0.7

- **Análisis de la curva hacia la derecha posterior**

$$N_2 = \frac{m g}{L} \left(b + \frac{h}{g} (ac) + 4 \frac{I_{rf}}{m g r_f} (ac) \right)$$

$$N_2 = 831.41 \text{ N}$$

$$N_2 = 831.41 \text{ N } 35.82 \%$$

$$N_2 = 297.82 \text{ N}$$

$$F_{r2} = u_2 \left(\frac{m g}{L} \right) \left(b + \frac{h}{g} (ac) + 4 \frac{I_{rf}}{m g r_f} (ac) \right)$$

$$F_{r2} = 581.98 \text{ N}$$

$$N_1 = \frac{m g}{L} \left(a - \frac{h}{g} (ac) - 4 \frac{I_{rf}}{m g r_f} (ac) \right)$$

$$N_1 = 516.47 \text{ N}$$

$$N_1 = 516.47 \text{ N } 65.23 \%$$

$$N_1 = 336.89 \text{ N}$$

$$F_{r1} = u_1 \left(\frac{m g}{L} \right) \left(a - \frac{h}{g} ac - 4 \frac{I_{rf}}{m g r_f} (ac) \right)$$

$$F_{r1} = 361.53 \text{ N}$$

Se determina el porcentaje de transferencia del peso en el eje delantero cuando el vehículo toma la curva hacia la derecha obteniendo los siguientes valores.

Transferencia lateral del peso en el neumático derecho = 61.68 %

Transferencia lateral del peso en el neumático izquierdo = 38.82 %

- **Análisis de la curva hacia la izquierda posterior**

$$N_2 = \frac{m g}{L} \left(b - \frac{h}{g} (ac) - 4 \frac{I_{rf}}{m g r_f} (ac) \right)$$

$$N_2 = 476.93 \text{ N}$$

$$N_2 = 476.93 \text{ N } 35.82 \%$$

$$N_2 = 170.84 \text{ N}$$

$$F_{r2} = u_2 \left(\frac{m g}{L} \right) \left(b + \frac{h}{g} (ac) + 4 \frac{I_{rf}}{m g r_f} (ac) \right)$$

$$F_{r2} = 333.85 \text{ N}$$

$$N_1 = \frac{m g}{L} \left(a + \frac{h}{g} (ac) + 4 \frac{I_{rf}}{m g r_f} (ac) \right)$$

$$N_1 = 870.96 \text{ N}$$

$$N_1 = 863.16 \text{ N } 65.23 \%$$

$$N_1 = 568.13 \text{ N}$$

$$F_{r1} = u_1 \left(\frac{m g}{L} \right) \left(a - \frac{h}{g} (ac) - 4 \frac{I_{rf}}{m g r_f} (ac) \right)$$

$$F_{r1} = 609.67 \text{ N}$$

Se determina el porcentaje de transferencia del peso en el eje delantero cuando el vehículo toma la curva hacia la derecha obteniendo los siguientes valores.

Transferencia lateral del peso en el neumático derecho = 35.38 %

Transferencia lateral del peso en el neumático izquierdo = 64.62 %

3.1.2.8 Análisis de estabilidad del vehículo

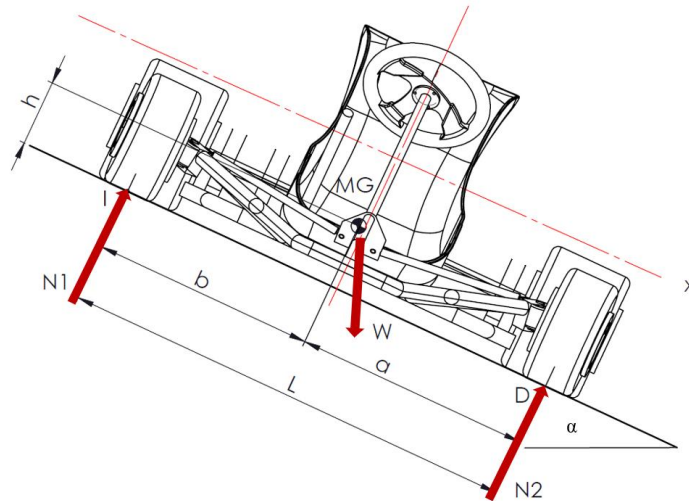


Figura 30: Diagrama para prueba de inclinación del vehículo.

Se utiliza la ecuación para encontrar la estabilidad del vehículo:

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{a}{h} \right) \quad \text{Ec 19}$$

$$\alpha = 73.82^\circ$$

3.1.3 Resistencia al aire

$$F = \frac{1}{2} (C_x A \rho v^2) \quad \text{Ec 20}$$

Donde:

C_x = Coeficiente aerodinámico para go kart es de 0.8.

A= área frontal del vehículo.

ρ = densidad del aire a 1.2 Kg m³ desde 15 a 27 °C.

v = velocidad de vehículo.

a = 76 cm de ancho del vehículo.

h = 93.07 cm.

Se toma en cuenta el área frontal que entra en contacto con el aire más la altura promedio del piloto por lo que el área queda definida mediante la siguiente ecuación.

$$A = a h$$

$$A = 0.706 \text{ m}^2$$

$$F = \frac{1}{2} (C_x A \rho v^2)$$

$$F = 441.88 \text{ N}$$

3.1.4 Análisis de la resistencia del chasis mediante el método de elementos finitos

El método de elementos finitos sirve para evaluar la resistencia estructural del chasis cómo se comporta al aplicar las fuerzas que presenta durante la conducción del vehículo, esto permite diseñar de forma óptima el chasis para las condiciones de funcionamiento al cual expuestos.

Para realizar el análisis estructural del chasis del vehículo se lo realiza en el software Ansys para ello definimos la geometría, discretización y solución para esto se aplica las condiciones de borde, mallado y demás técnicas que permiten obtener resultados aceptables para la construcción del bastidor del go kart.

3.1.4.1 Materiales para la simulación de la resistencia del bastidor

Varios son los materiales que se utilizan para la construcción de la estructura del bastidor del vehículo kart sin embargo el análisis va enfocado a 3 materiales ya indicados en el capítulo anterior siendo los siguientes: Acero A-36, ASTM A-500

grado A y ASTM 1011 las propiedades mecánicas de los materiales se ingresan en el software Ansys para su posterior análisis.

3.1.4.2 Propiedades mecánicas del acero A-36

Este material se aplica en elementos estructurales como ángulos, pletinas, placas, T estructurales, etc. Para el análisis se utiliza varias de sus propiedades básicas, así como también varios puntos de su diagrama esfuerzo – deformación unitaria real promedio obtenido de los ensayos reales de materiales y muestran las propiedades del modelo digital del material en la siguiente figura 31.

	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Material Field Variables	Table			
3	Density	7850	kg m ⁻³	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Isotropic Elasticity			<input type="checkbox"/>	
5	Derive from	Young's M...			
6	Young's Modulus	2E+05	MPa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Poisson's Ratio	0,3		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Bulk Modulus	1,6667E+11	Pa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Shear Modulus	7,6923E+10	Pa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Tensile Yield Strength	250	MPa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	Compressive Yield Strength	152	MPa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	Tensile Ultimate Strength	450	MPa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 31: Propiedades del material acero ASTM A-36.

3.1.4.3 Acero estructural ASTM A 500 grado A

Este material se aplica principalmente en tubería estructural redonda, cuadrada y ovalada en el caso de la estructura del bastidor al igual que el material anterior se utiliza las mismas propiedades principales obtenidas de los ensayos de materiales y se muestran en la figura 32.

Properties of Outline Row 5: ASTM A500				
	A	B	C	D E
1	Property	Value	Unit	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
2	Material Field Variables	Table		
3	Density	7800	kg m ⁻³	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
4	Isotropic Elasticity			<input type="checkbox"/>
5	Derive from	Young's M...		
6	Young's Modulus	2E+11	Pa	<input type="checkbox"/>
7	Poisson's Ratio	0,3		<input type="checkbox"/>
8	Bulk Modulus	1,6667E+11	Pa	<input type="checkbox"/>
9	Shear Modulus	7,6923E+10	Pa	<input type="checkbox"/>
10	Tensile Yield Strength	230	MPa	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
11	Tensile Ultimate Strength	310	MPa	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Figura 32: Propiedades del material acero ASTM A-500 grado A.

3.1.4.4 Acero estructural ASTM A1011

Es uno de los aceros más ampliamente utilizados en el mundo, en la confección y diseño de estructuras metálicas, viene principalmente en láminas o bobinas, perfiles que son obtenidas mediante un proceso de laminado en caliente. Pertenecen a los aceros de baja aleación y alta resistencia mecánica, se los fabrica en varios espesores el modelo utilizado se muestra en la figura 33.

Properties of Outline Row 3: ASTM 1011				
	A	B	C	D E
1	Property	Value	Unit	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
2	Material Field Variables	Table		
3	Density	7870	kg m ⁻³	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
4	Isotropic Elasticity			<input type="checkbox"/>
5	Derive from	Young's M...		
6	Young's Modulus	2E+05	MPa	<input type="checkbox"/>
7	Poisson's Ratio	0,3		<input type="checkbox"/>
8	Bulk Modulus	1,6667E+11	Pa	<input type="checkbox"/>
9	Shear Modulus	7,6923E+10	Pa	<input type="checkbox"/>
10	Tensile Yield Strength	340	MPa	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
11	Tensile Ultimate Strength	450	MPa	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Figura 33: Propiedades del material acero ASTM A-1011 Grado 50.

3.1.4.5 Condiciones de frontera para simular el chasis

Para realizar la simulación de la resistencia de la estructura del bastidor se consideran varias condiciones que se detallan a continuación.

- **Restricciones de movimiento**

Se consideran las restricciones en los anclajes de los neumáticos con el bastidor mientras que los demás componentes tienen libertad de movimiento durante el análisis de resistencia.

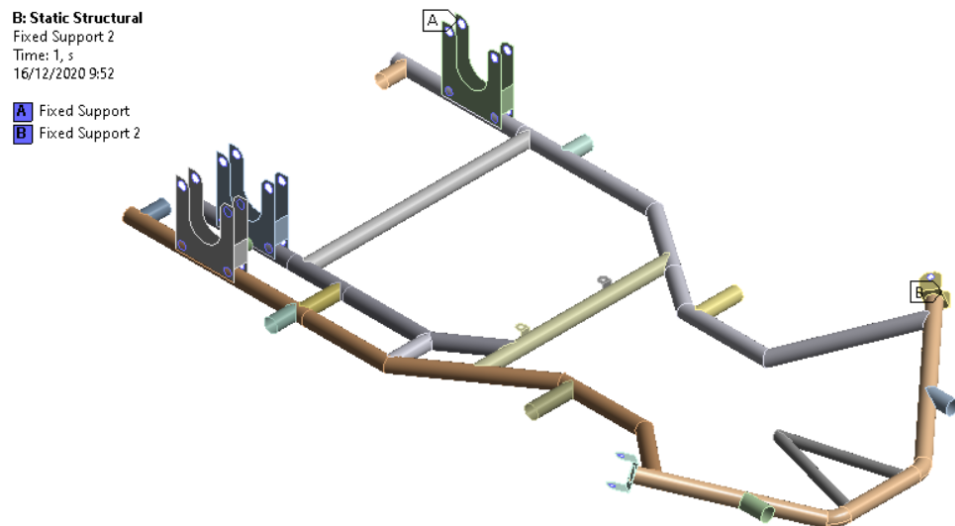


Figura 34: Elementos que están fijos en el modelo.

- **Aplicación de las cargas en el modelo**

Las cargas que se van a aplicar en el modelo se analizaron posteriormente y serán ubicadas de acuerdo al comportamiento de los estados de carga que presenta durante su funcionamiento.

3.1.4.6 Simulación de la resistencia del bastidor del vehículo

Con el modelo optimizado se aplican las condiciones de frontera, materiales indicados para llevar a cabo las simulaciones de resistencia para ello se evalúa con cada material para obtener el mejor comportamiento estructural del vehículo en los diferentes estados de carga.

3.2 RECOLECCIÓN DE DATOS

Con los datos obtenidos organizados se muestran los resultados más importantes del modelo se utiliza parámetros obtenidos como materiales mallado del a la estructura para realizar las simulaciones que sean lo más cercano a la realidad y comportamiento del vehículo.

3.2.1 Simulación de la resistencia del bastidor con material ASTM A-36

Para la simulación se fija los componentes donde se conecta el bastidor con los neumáticos del vehículo se aplica las fuerzas que actúan en el modelo, se aplica un mallado de 8 mm para toda la estructura en la figura se muestra el mallado del bastidor.

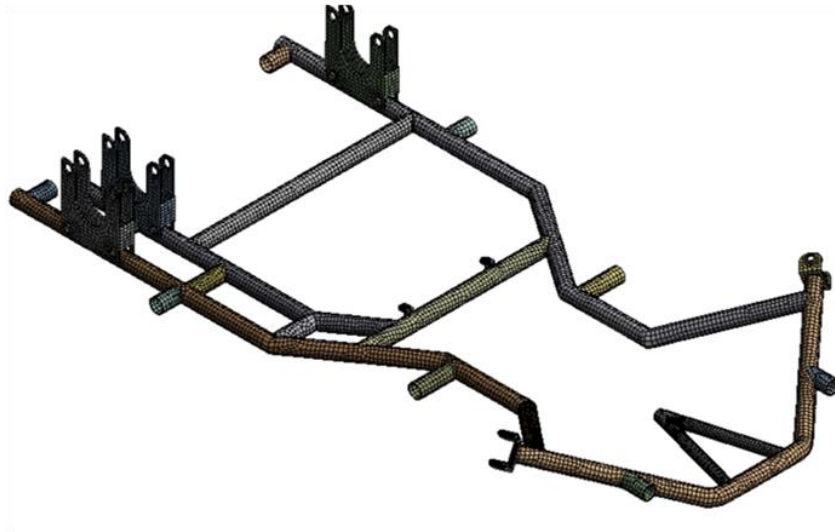


Figura 35: Malla del modelo digital con elementos Shell.

3.2.2 Verificación de la calidad de la malla

La estructura fue mallada con elementos cuadriláteros tipo shell la malla está compuesta por 16314 elementos y 16467 nodos teniendo 14584 elementos cuadriláteros y 1730 elementos triangulares la calidad de malla se evaluó en base a la relación de aspecto que debe tener los elementos en este caso se tiene una relación mínima de 1.23 y máxima de 5.68 siendo valores adecuados de calidad de malla donde más del 90 % de los elementos se encuentran en los valores mínimos de relación de aspecto que se muestra en la siguiente figura 36.

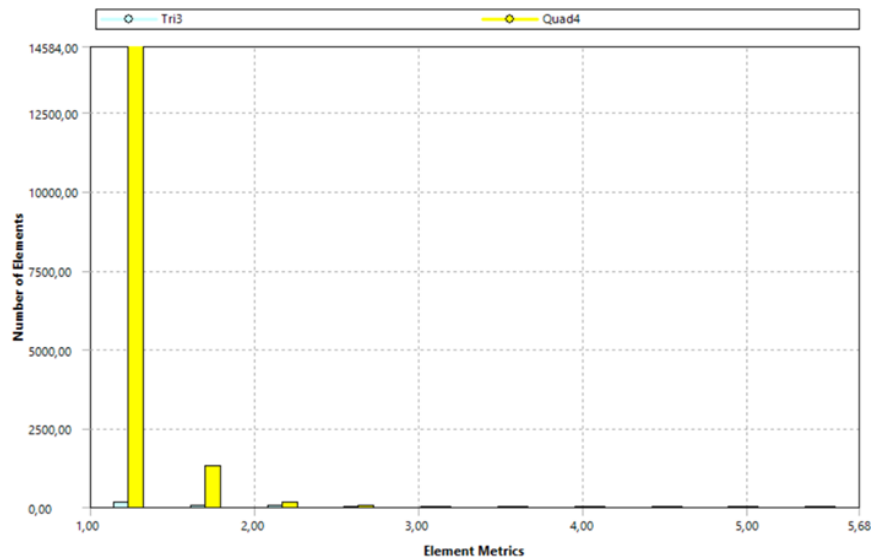


Figura 36: Relación de aspecto de los elementos de la malla.

3.2.2.1 Resistencia del bastidor a la carga del peso propio material ASTM A-36

Para la carga del peso propio se aplica el centro de gravedad del vehículo encontrado en el capítulo anterior, mientras que el programa calcula automáticamente la masa, área, y volumen de la estructura diseñada, en el centro de gravedad se aplica la carga de la gravedad conocida como G en dirección de y negativo que afecta a toda la estructura del bastidor de esta manera se evalúa el comportamiento de la estructura.

Los desplazamientos que sufre la estructura del bastidor se muestran en la figura 37, siendo de 0.0347 mm encontrándose el punto crítico en la conexión para los soportes de los respaldos laterales del vehículo.

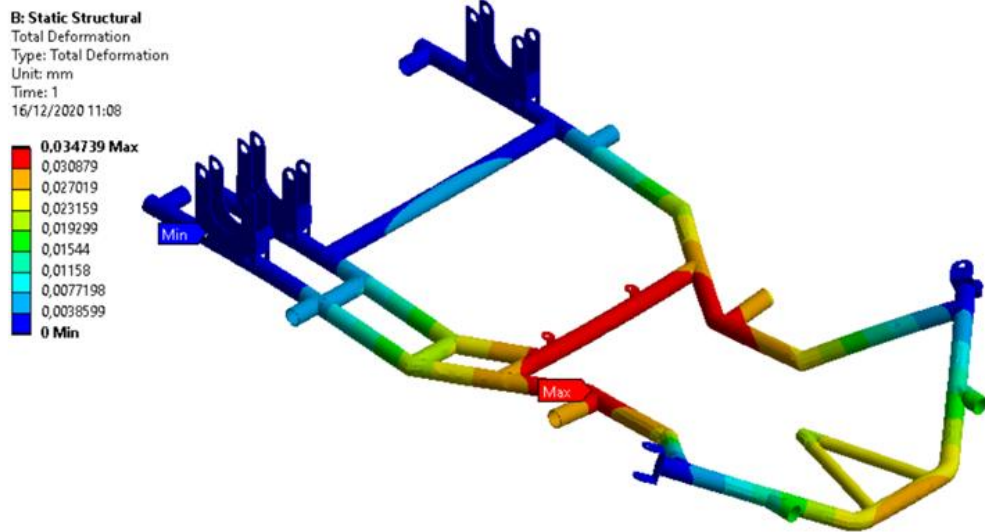


Figura 37: deformación total del bastidor.

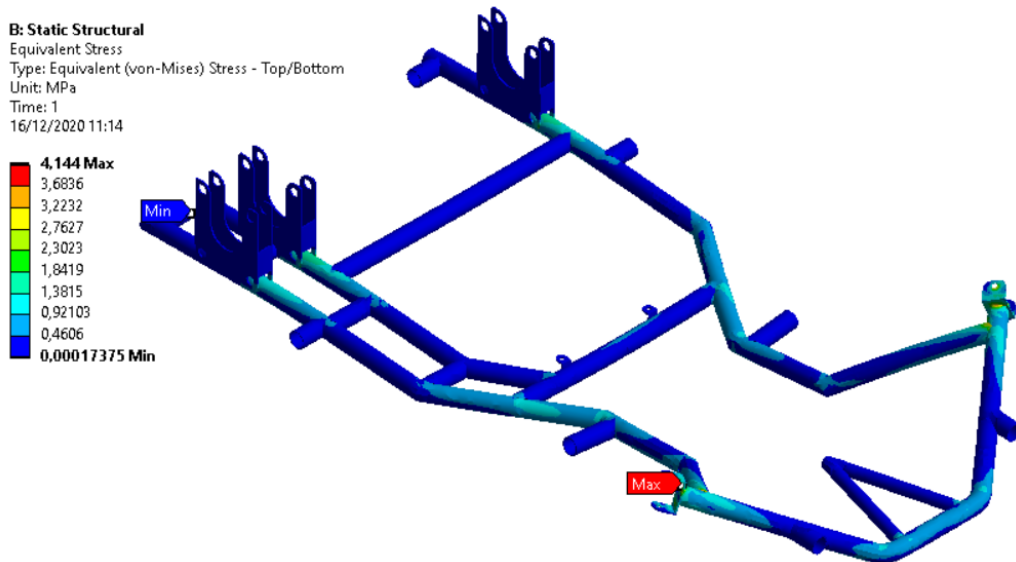


Figura 38 Esfuerzo que soporta la estructura.

La resistencia y concentración de esfuerzos máximos que se dan en el bastidor se muestran en la figura 38 con un valor de 4.144 MPa.

3.2.2.2 Resistencia a la torsión del bastidor

Para el análisis a torsión del bastidor se toma el valor de la transferencia longitudinal estática del eje delantero y la parte posterior es considerando como punto fijo que no

genera ningún movimiento, se toma la distancia entre los ejes de anclaje del eje delantero. Para la fuerza de 234.66 N aplicando la distancia entre los ejes de 0.78534 m se tiene.

$$T = F d ; (\text{N m})$$

Ec 21

Donde:

T = Torsión.

F = Fuerza.

d = distancia.

$$T = 184.29 (\text{N m})$$

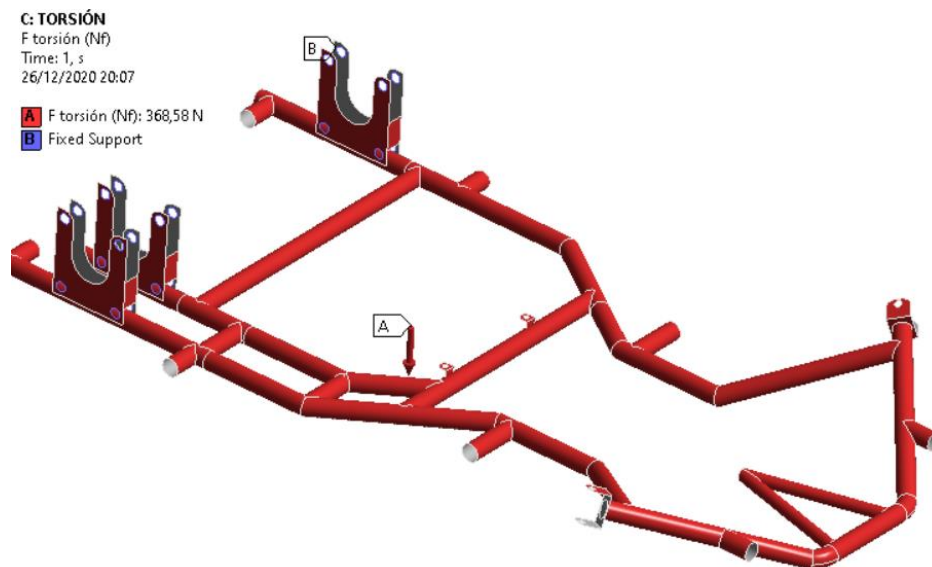


Figura 39: Fuerza de torsión y sujeción de anclaje posterior.

La carga se aplica en toda la estructura y se ubica en el centro de gravedad en sentido negativo respecto del eje y, además se mantiene fijo el eje posterior como se observa en la figura 39, para este análisis se obtiene los siguientes resultados en deformación como indica la figura 40 el valor máximo de desplazamiento es de 4.47 mm.

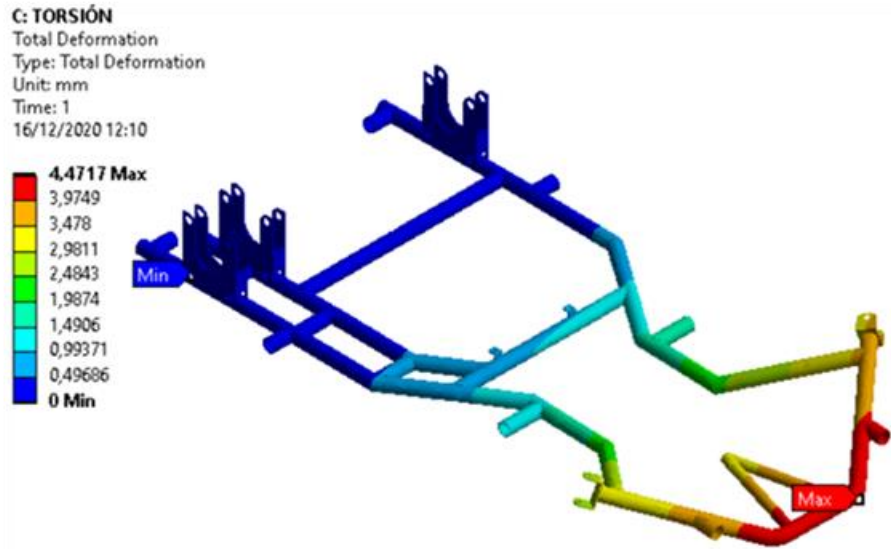


Figura 40: deformación total del bastidor en torsión.

El esfuerzo máximo que se genera en el análisis de torsión es de 43.27 MPa en la figura 41, se presenta el comportamiento de la estructura donde se determina que es un esfuerzo mínimo por ende la estructura resiste a esta carga torsional.

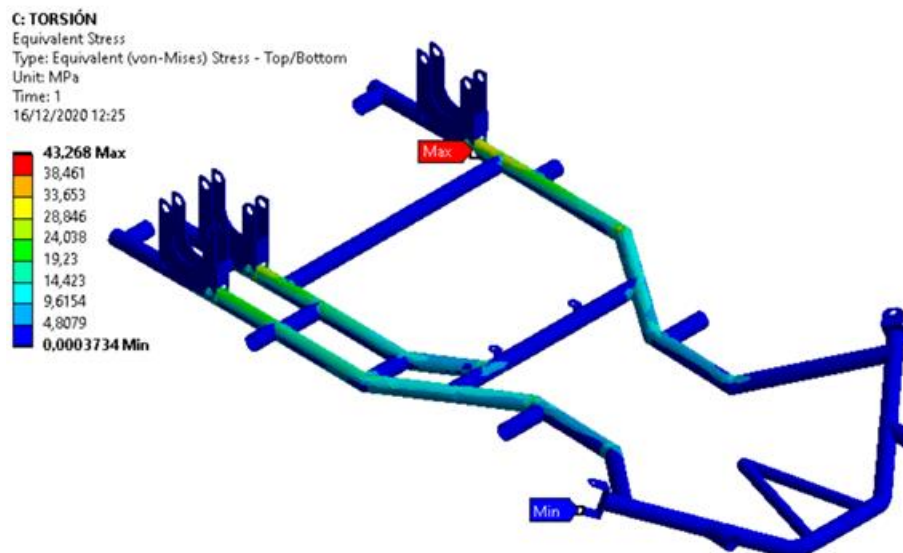


Figura 41: Esfuerzos del bastidor sometido a torsión.

Con los valores de deformación máxima y el par torsor se determina la rigidez torsional del bastidor mediante la ecuación.

$$k = \frac{T}{\theta}$$

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

$$\theta = 0.33 \text{ grados}$$

$$k = 558.45 \text{ N m/ grado}$$

3.2.2.3 Análisis de la rigidez en aceleración del vehículo

Las fuerzas que actúan en este tipo de estado de carga del vehículo se aplican en el centro de gravedad y se fija los anclajes posteriores y delanteros como indica la figura 42.

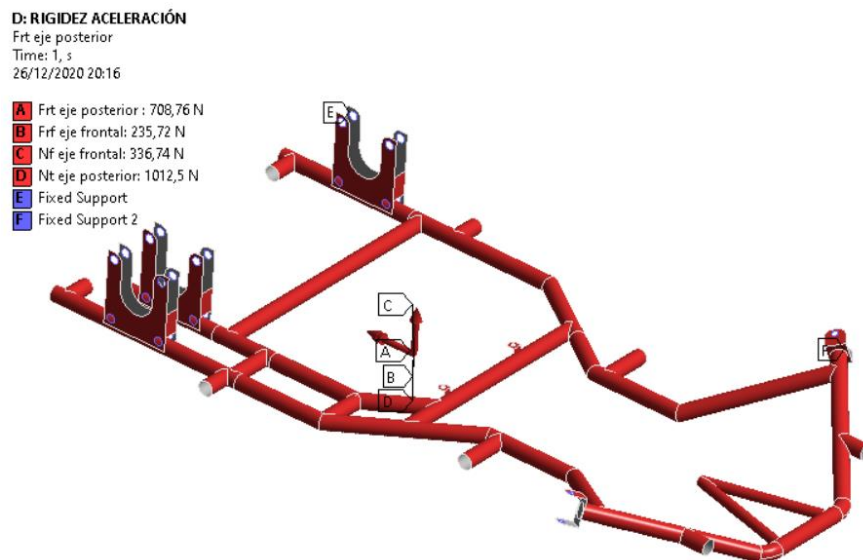


Figura 42: Estados de carga en aceleración.

En este análisis intervienen varias fuerzas durante la aceleración del vehículo como la fuerza normal y la fricción que actúan en función de la distribución del peso que experimenta el vehículo por tal razón se evalúa como una aceleración máxima para obtener resultados cercanos a la realidad de este tipo de comportamientos el desplazamiento máximo de 0.40 mm como se verifica en la figura 43.

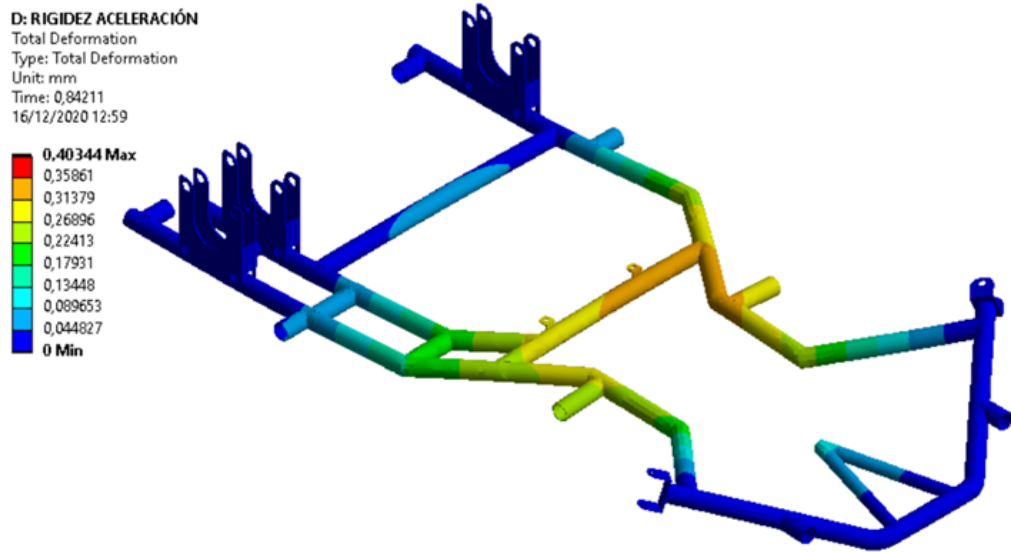


Figura 43: Deformación del bastidor sometido aceleración.

El valor máximo del esfuerzo en aceleración de la estructura del bastidor es de 42.52 MPa como se muestra en la figura 44, demostrando que no genera esfuerzos exagerados o cercanos al límite elástico del material.

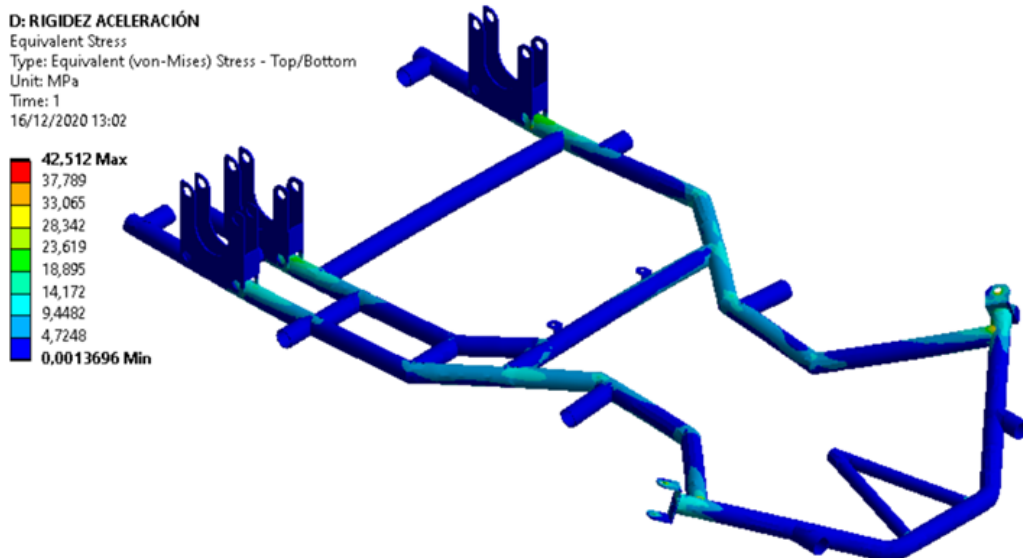


Figura 44: Esfuerzos del bastidor sometido aceleración.

3.2.2.4 Análisis de la rigidez del vehículo en desaceleración

Las cargas actuantes durante la desaceleración del vehículo go kart se calcularon anteriormente estas cargas se coloca en el centro de gravedad de la estructura como se presenta en la figura 45 con estos datos se puede continuar con el análisis de resistencia del bastidor del vehículo.

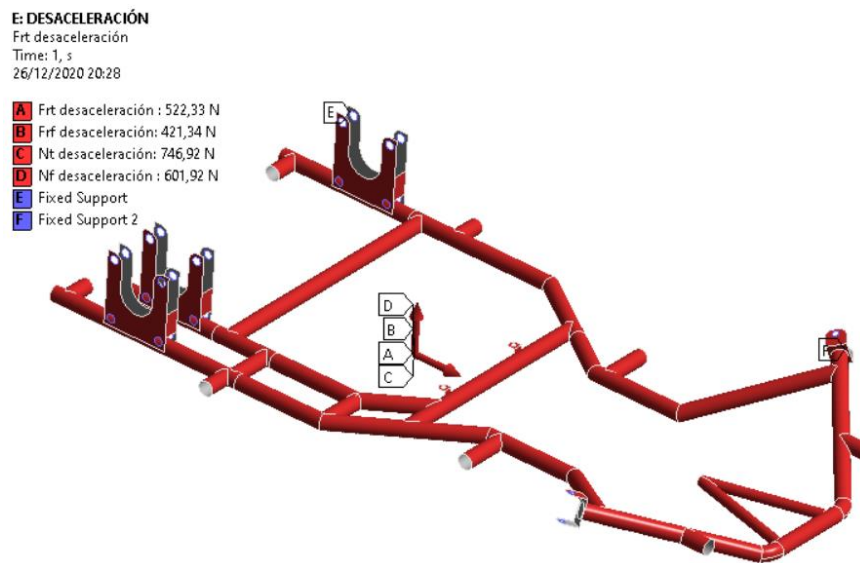


Figura 45: Estados de carga en desaceleración.

Para este análisis se realiza la simulación evaluando los desplazamientos y esfuerzos máximos que sufre la estructura en condiciones de desaceleración máxima en las siguientes figuras 46 y 47, muestran el comportamiento mecánico producido por esta fuerza que aparece en el vehículo.

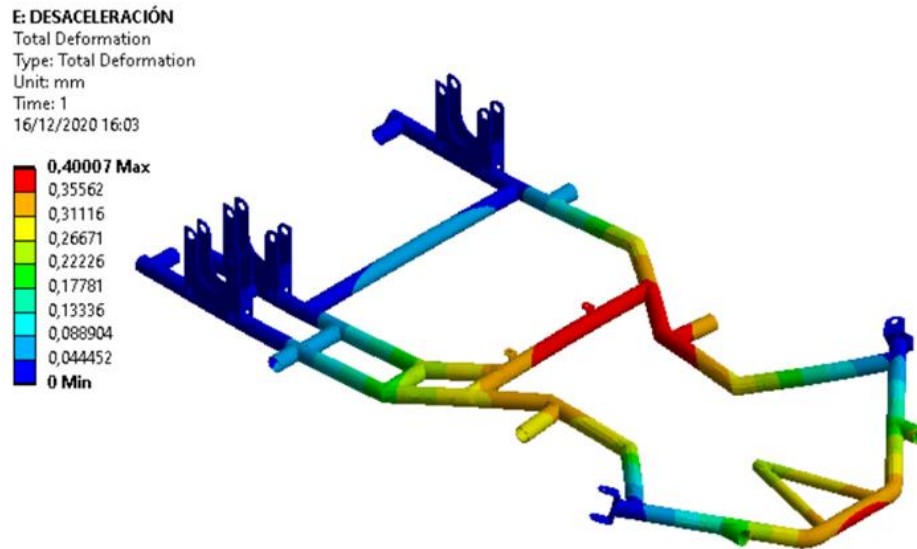


Figura 46: Deformación del bastidor sometido a desaceleración.

La figura 46 muestra la deformación producida por la desaceleración donde se observa un valor de 0.4 mm que sufre la estructura como valor máximo y se obtiene un esfuerzo máximo de 47 MPa mostrado en la figura 47, demostrando que las cargas que se generan en la estructura tienen un comportamiento aceptable en el diseño que se ha realizado como propuesta de diseño del bastidor del vehículo go kart.

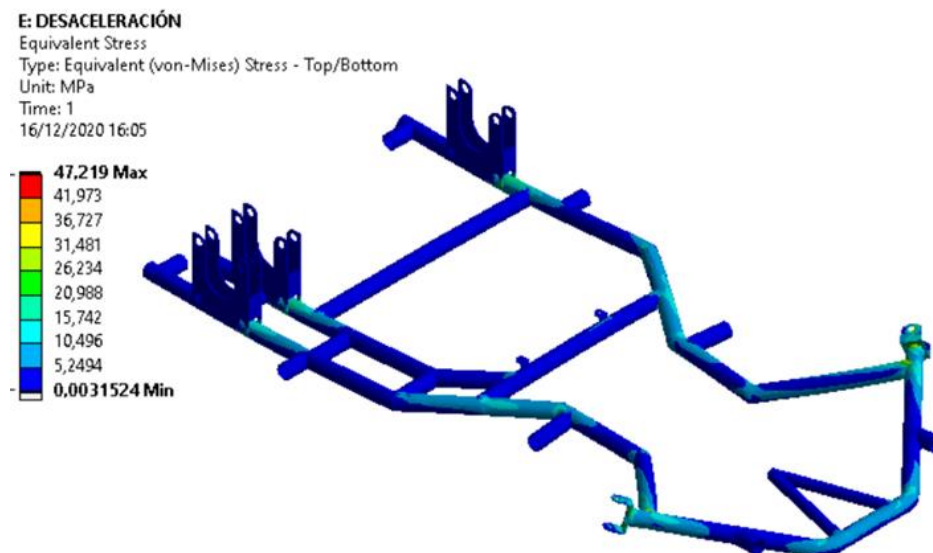


Figura 47: Esfuerzo del bastidor sometido a desaceleración.

3.2.2.5 Análisis de la rigidez en aceleración lateral del vehículo

La estructura del bastidor es simétrica en la parte posterior por lo que se realiza análisis para las curvas de derecha e izquierda donde evaluaremos el comportamiento de la estructura sometido a estas condiciones de carga presentadas en la figura 48 así como las sujeciones que tiene la estructura para este análisis

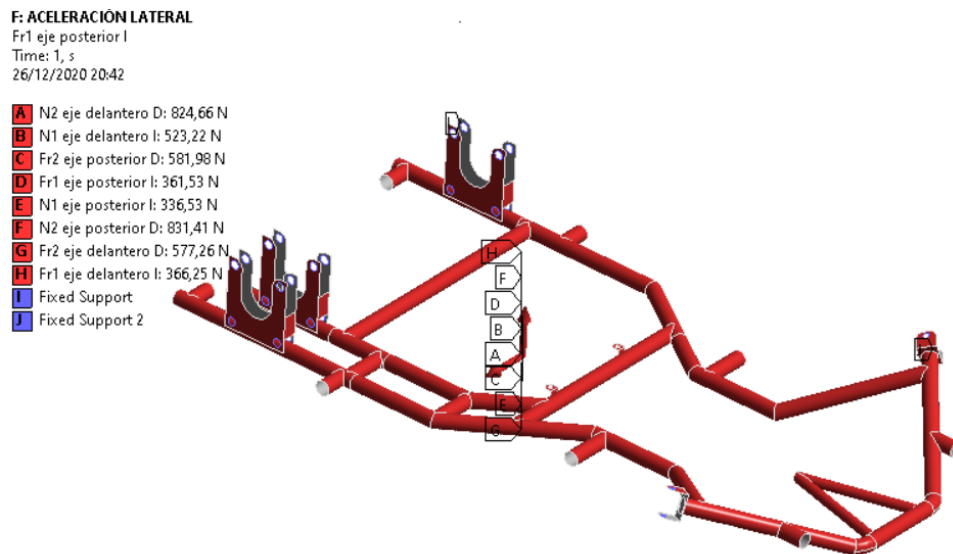


Figura 48: Estados de carga aceleración derecha.

- **Aceleración lateral a la derecha**

Las condiciones de borde que se utilizan para simular se aplican a toda la estructura en función de la aceleración centrípeta a la que está sometido el vehículo en un cierto instante de recorrido el desplazamiento máximo presente en el análisis es de 0.76 mm durante el tiempo de aplicación de la carga, este desplazamiento se muestra en la figura 49.

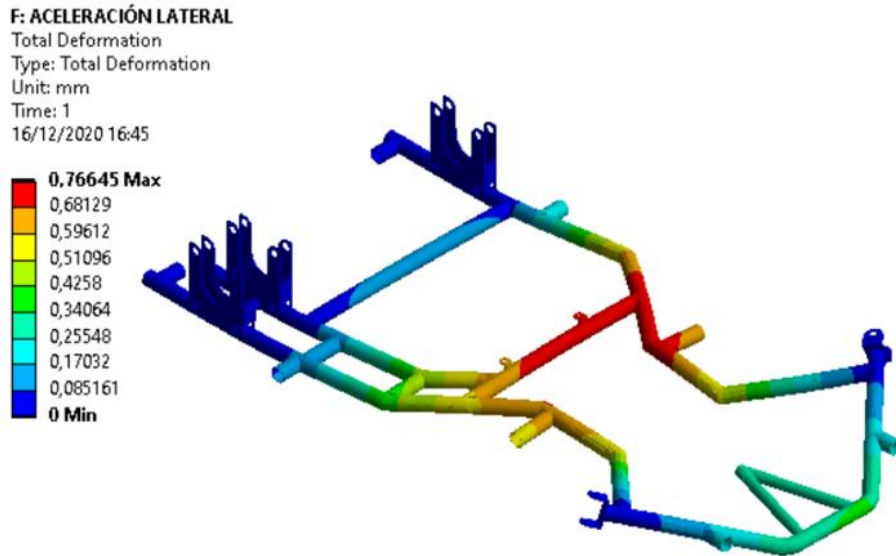


Figura 49: Deformación en aceleración lateral derecha.

En la estructura se presenta un esfuerzo de 85.95 MPa es el esfuerzo más alto que se presenta en los análisis ya realizados sin embargo no supera el esfuerzo del límite elástico por lo que sigue y se valida el proceso de simulación para la estructura.

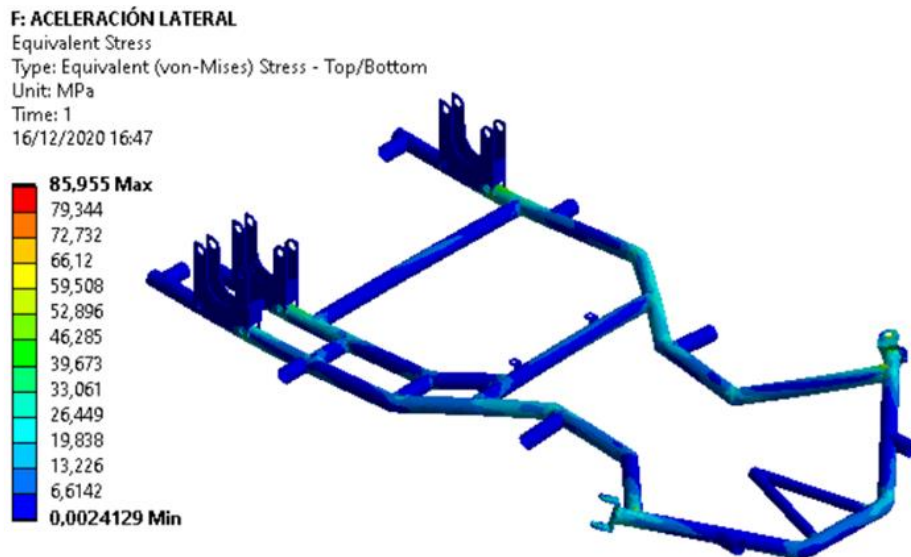


Figura 50: Esfuerzo máximo en aceleración lateral derecha.

- **Aceleración lateral a la izquierda**

De igual manera para la aceleración lateral izquierda se aplica las cargas producidas en el vehículo estas cargas se aplican al centro de gravedad como se indican en la figura 51.

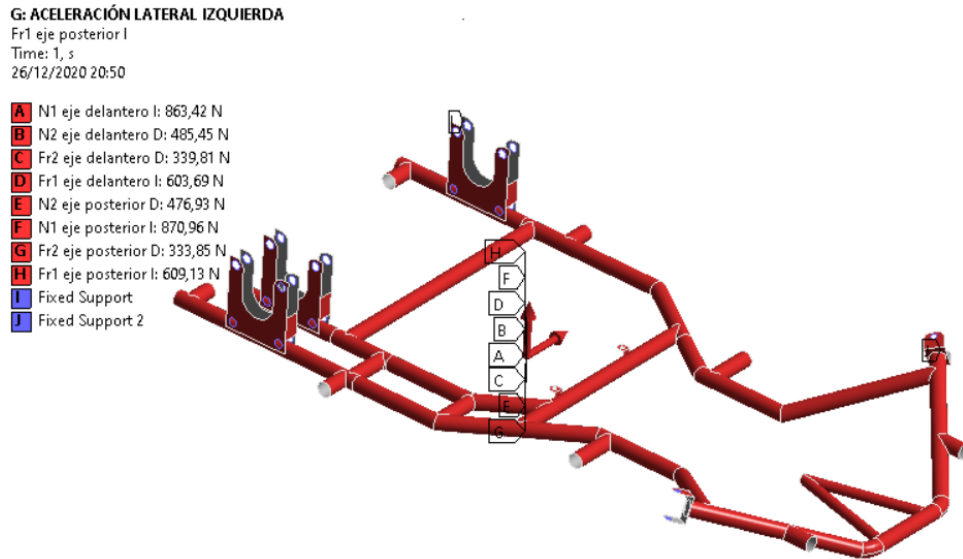


Figura 51: Estados de carga en aceleración lateral izquierda.

Se evalúa el comportamiento de la estructura bajo condiciones de carga ya indicadas obteniendo los desplazamientos máximos que sufre la estructura del vehículo go kart alcanzando un valor de 0.80 mm mostrado en la figura 52.

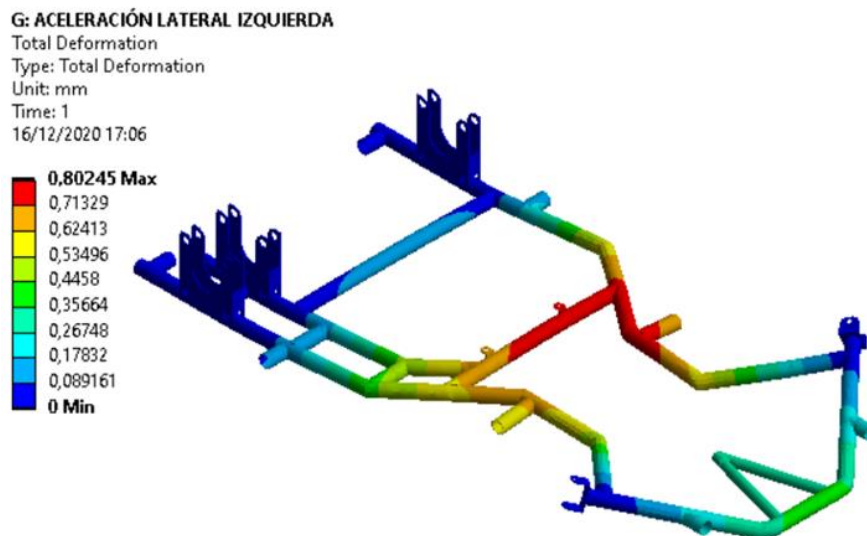


Figura 52: Deformación máxima en aceleración lateral izquierda.

Además, la zona que más desplazamiento presenta en el tubo central donde se ubican los anclajes del asiento del piloto, evaluando este desplazamiento es lógico que alcance el valor máximo pues el peso del piloto y la masa del motor actúan sobre este elemento estructural.

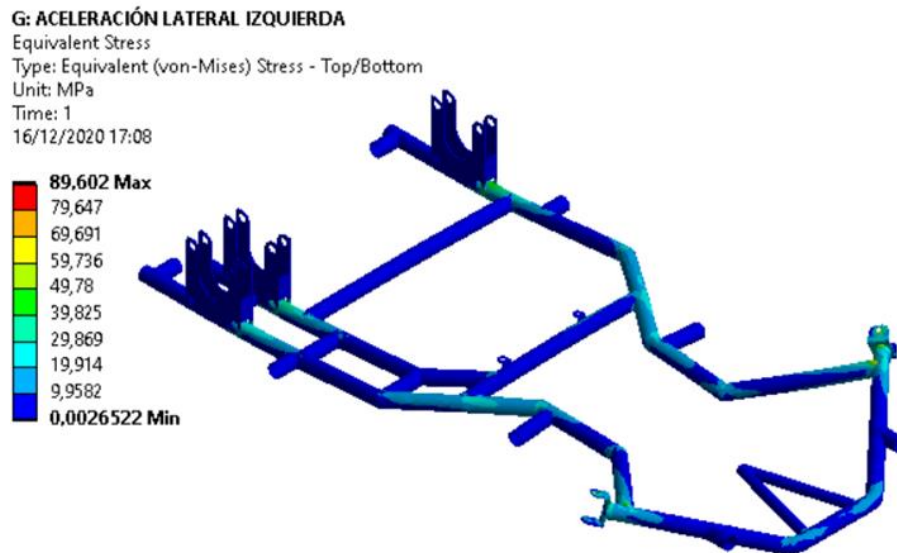


Figura 53: Esfuerzo máximo en aceleración lateral izquierda.

La figura 53 muestra el esfuerzo máximo en aceleración izquierda siendo el esfuerzo que se generó al lado izquierdo de 89.60 MPa también es alto en comparación con los demás estados de carga de la estructura sin embargo no genera esfuerzos que provoquen la falla del material.

- **Análisis de fuerza de impacto**

La fuerza que aparece en caso de sufrir un impacto frontal el vehículo se aplica al centro de gravedad como lo indica la figura 54.

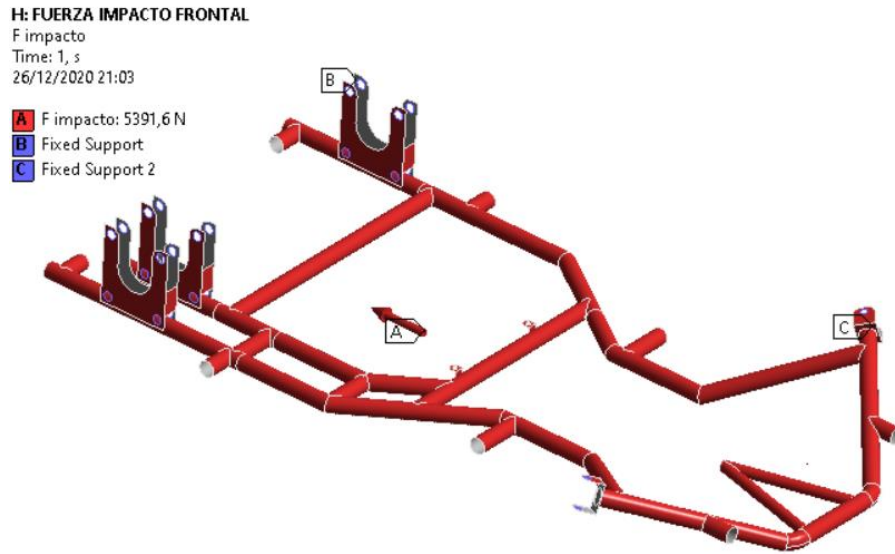


Figura 54: Estado de carga en impacto frontal.

Los desplazamientos producidos por esta fuerza se presentan a continuación:

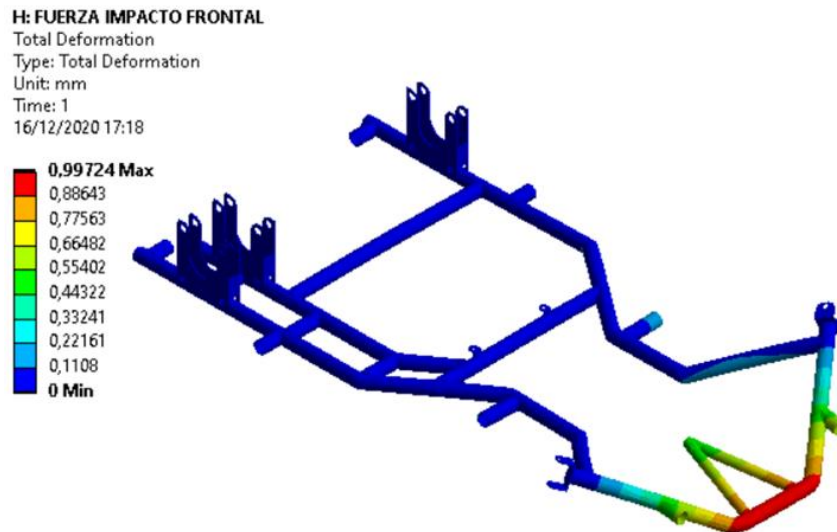


Figura 55: Deformación máxima en impacto frontal.

El esfuerzo máximo que se presenta es de 116.14 MPa siendo el más alto de los esfuerzos por lo que se evalúa la resistencia y concentraciones para el diseño definitivo del bastidor.

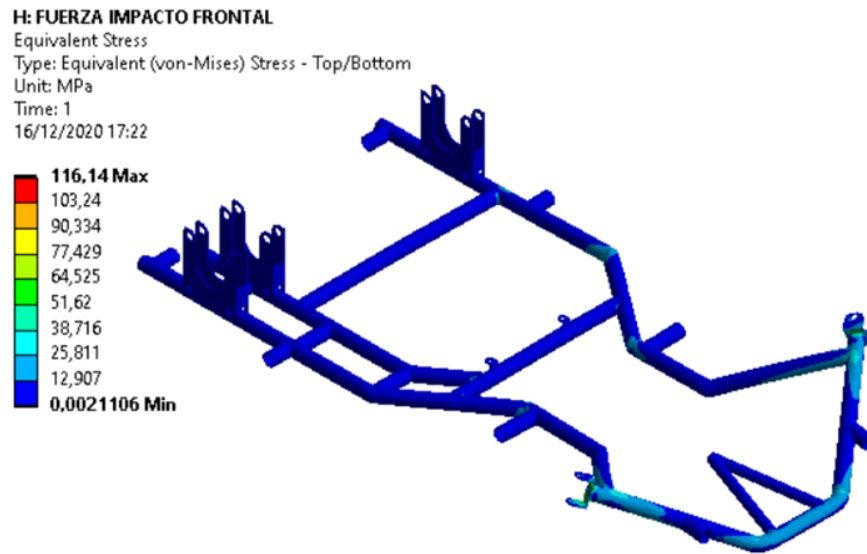


Figura 56: Esfuerzo máximo en impacto frontal.

- **Análisis de resistencia al aire de la estructura**

La figura 57 representa el estado de carga aplicado al centro de gravedad del kart.

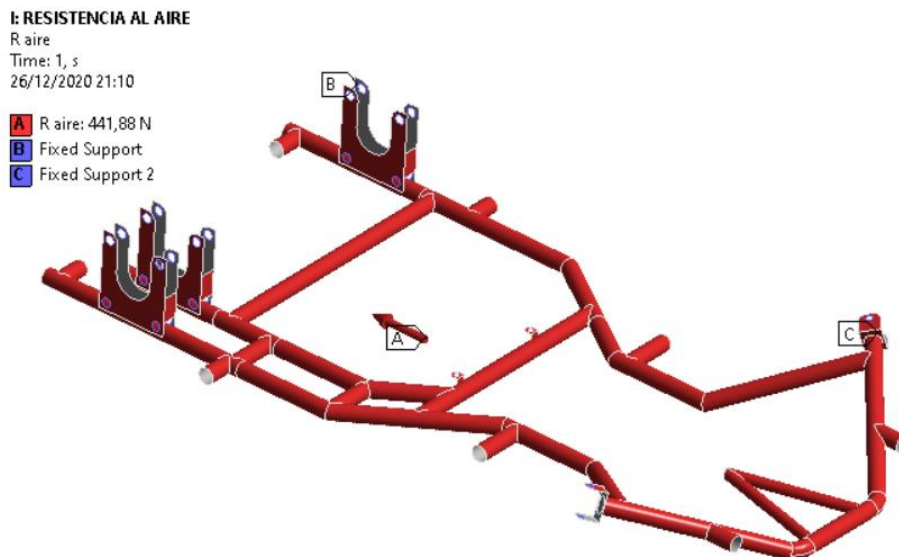


Figura 57: Estado de carga de resistencia al aire.

Para este análisis se aplica la fuerza de resistencia al aire calculada en el anterior capítulo el desplazamiento máximo es de 0.082 mm.

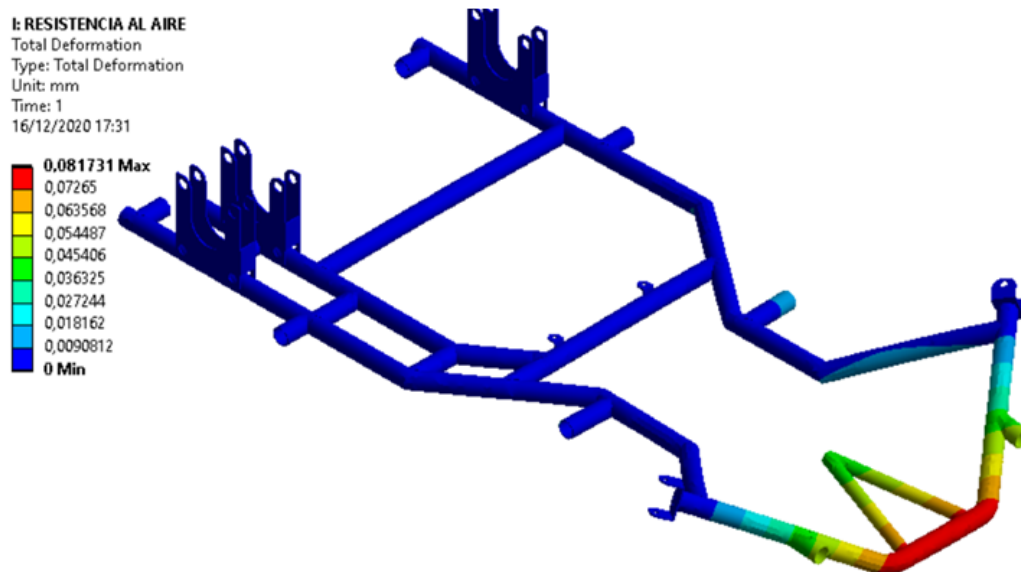


Figura 58: Deformación máxima en resistencia al aire.

El esfuerzo máximo es de 9.52 MPa indicados en las figuras 58 y 59 evidenciando que no existe sobre esfuerzos que puedan afectar el correcto funcionamiento de la estructura en condiciones de resistencia de aire.

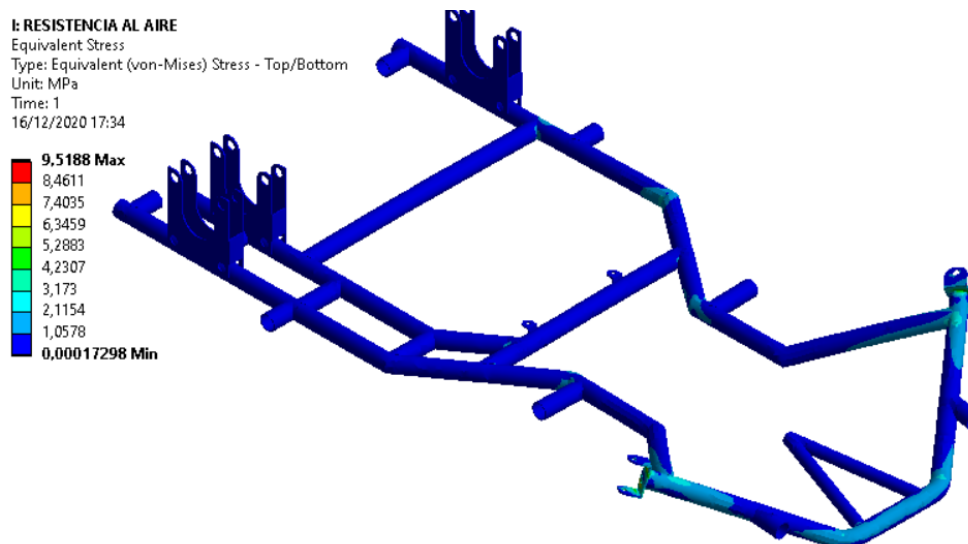


Figura 59: Esfuerzo máximo en resistencia al aire.

3.2.3 Comparación de resultados de resistencia a diferentes materiales

Tabla 17: Comparación de resultados de la simulación.

Fuerzas aplicar en la simulación	ASTM A 36			ASTM A-500 G. A			ASTM A-1011 G. 50		
	Deformación (mm)	Esfuerzo (MPa)	Criterio de falla	Deformación (mm)	Esfuerzo (MPa)	Criterio de falla	Deformación (mm)	Esfuerzo (MPa)	Criterio de falla
Peso propio	0.034	4.14	60.39	0.0354	4.1	56.1	0.034	4.14	82.13
Torsión	4.47	43.27	5.78	4.487	42.7	5.39	4.487	42.7	7.96
Rigidez en aceleración	0.4	42.51	5.88	0.405	41.88	5.49	0.405	41.88	8.12
Rigidez en desaceleración	0.4	47.22	5.29	0.4	46.4	4.96	0.4022	46.4	7.33
Aceleración lateral derecha	0.76	87.57	2.85	0.75	86.23	2.67	0.759	86.229	3.94
Aceleración lateral izquierda	0.82	91.29	2.74	0.82	89.85	2.56	0.8233	89.857	3.78
Fuerza de impacto	0.99	116.14	2.15	0.99	115.55	1.99	0.9973	115,55	2.94
Resistencia al aire	0.082	9.52	26.26	0.081	9.47	24.29	0.081	9.47	35.9
Anclaje lateral izquierdo	12.49	651.59	0.38	12.53	647.01	0.36	12.535	647.01	0.53
Anclaje lateral derecho	23.36	921.55	0.27	23.54	916.65	0.25	23.54	916.64	0.37
Anclaje delantero	105.65	1244.6	0.20	106.2	1225.8	0.19	106.2	1225.8	0.28
Anclaje posterior	17.854	168.54	1.48	17.916	166.32	1.38	19.916	166.31	2.04

Para seleccionar el material que mejor resistencia presenta tomamos el esfuerzo de Von Misses obtenido en la simulación de cada uno de los estados de carga indicado en la tabla 17, ya que el esfuerzo se define como la tensión uniaxial que se genera por la misma energía de distorsión que la que se producirá por la combinación real de los esfuerzos aplicados por lo tanto se aplica la siguiente ecuación.

$$N = \frac{S_y}{\sigma'} \quad \text{Ec. 22}$$

Donde:

N = Factor de seguridad.

S_y = resistencia a la tracción en MPa.

σ' = Esfuerzo Von Mises obteniendo mediante simulación.

Con esta ecuación y la tabla 18, donde se presenta los valores de resistencia a la tracción de los materiales utilizados para esta investigación se determina que el material que mejor comportamiento y resistencia presenta con un buen factor de seguridad en la mayoría de los estados de carga es el ASTM A-1011 grado 50.

Tabla 18: Propiedades mecánicas de los materiales [25].

Material	Resistencia a la tracción (MPa)
ASTM A-36	250
ASTM A-500	230
ASTM A-1011	340

Además en la tabla 17 se presenta un caso especial en tres de los análisis que están señalados de color naranja, estos valores sobrepasan el valor de rotura de los materiales que se están analizando este caso es conocido en elementos finitos como una singularidad del programa pues sobrepasa los valores de resistencia de los materiales analizados por lo que se determina que el elemento ya sufrió la rotura sin embargo con una convergencia de malla o un refinamiento de la misma se eliminara este tipo de elementos que generan estos esfuerzos elevados y en base a los criterios de falla calculados el mejor comportamiento estructural sigue siendo el material ASTM A-1011.

3.3 ANÁLISIS Y SELECCIÓN DEL MATERIAL PARA CONSTRUIR EL BASTIDOR

Se realizó el análisis de resistencia de la estructura con cada uno de los materiales más utilizados para la fabricación de la estructura de vehículo en el país, en la tabla 17, se verifica que los materiales ASTM A-500 y ASTM 1011 tiene un buen comportamiento a la deformación y desplazamientos que sufre el vehículo en los diferentes estados de carga, con el esfuerzo de Von Mises se obtiene valores muy similar por lo que se puede trabajar con cualquiera de los dos materiales para la construcción de la estructura del bastidor del vehículo se propone el material ASTM 1011 grado A en tubería redonda de diámetro de 1-1/4 de pulgada (31.75 mm) que es de fácil adquisición en el mercado local como se indica en el anexo 1, las propiedades mecánicas del material.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1 DESCRIPCIÓN

Es necesario fabricar un modelo que se adapte al diseño del chasis para evitar que los miembros estructurales sufran algún tipo de desviaciones al momento de ser soldados, se realiza sujeciones y topes de acuerdo al plano de planta del diseño y ensamble del bastidor siendo cuidadosos con las distancias de separación junto con el eje de simetría de los mismos, ya que de esto dependerá la precisión de la fabricación del bastidor, esto se realizó con la ayuda de las distancias indicadas en el plano.

4.2 OBJETIVOS

Construir el bastidor del vehículo Go Kart utilizando las especificaciones del diseño detallado y optimizando los procesos de fabricación.

4.3 DESARROLLO

4.3.1 Proceso de fabricación

El diseño de un adecuado proceso de manufactura permite obtener un producto final de calidad, el cual debe tener en consideración los costos materiales y operativos de los mismos, por lo que no siempre es recomendable utilizar los métodos modernos de manufactura, esto debido principalmente a los altos costos de los equipos y la mano de obra de los operadores que necesitan estos procesos.

Es por eso que se propone un proceso de manufactura con métodos de fabricación modernos y convencionales que permitan aprovechar al máximo los recursos.

4.3.2 Esquema del proceso de manufactura:

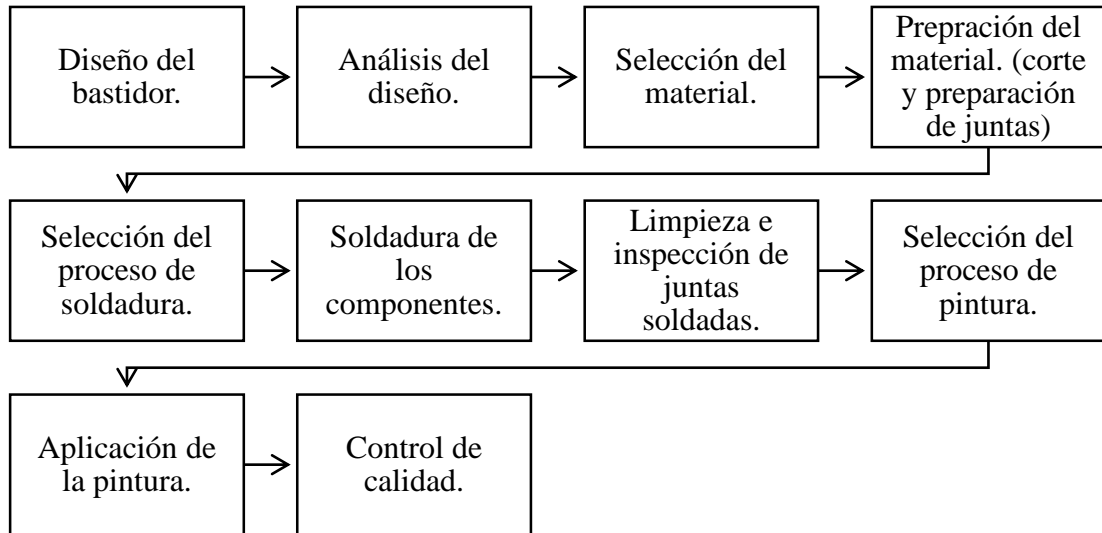


Figura 60: Esquema propuesto para la manufactura de un bastidor tipo Go Kart.

Los primeros procesos del esquema propuesto; diseño, análisis del bastidor y selección del material han sido realizados en los capítulos 2 y 3 por lo que este se dedicara a los procesos restantes.

4.3.3 Preparación del material

Como primer paso se realiza en una superficie plana un boceto a escala real de las medidas del chasis que servirán de guía durante el proceso de soldadura y ensamble, en la figura 61, se representa el boceto a escala real.

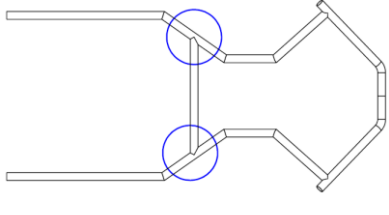
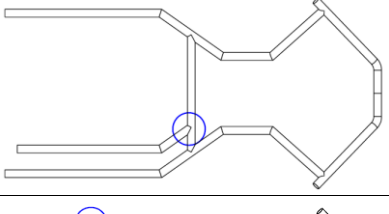
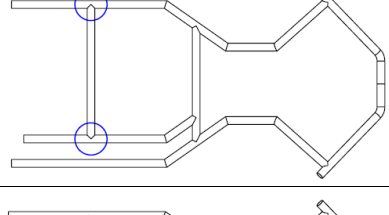
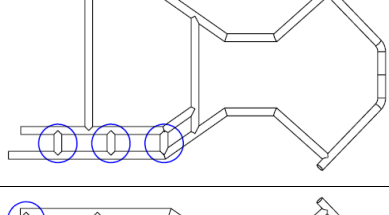
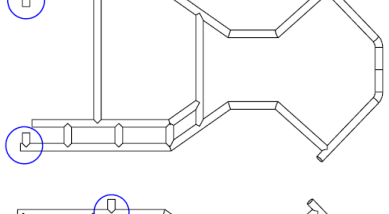
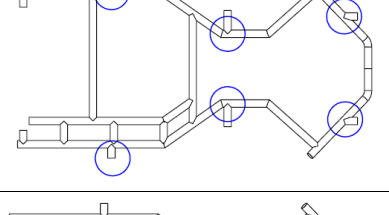
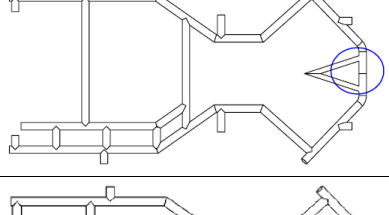
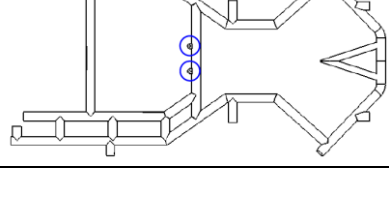
En este proceso hay que tener en cuenta que los tubos redondos queden listos para ser soldados por lo que las operaciones que se realizan serán: corte, doblado, perforado de los tubos y platinas, los cortes se realizan en secuencia mediante la tabla 19, que muestra el detalle del proceso a seguir.

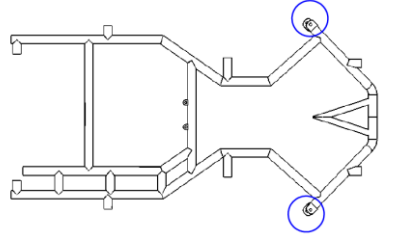
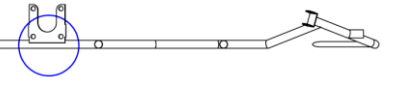


Figura 61: Boceto para ensamble de la estructura.

Tabla 19: Proceso para fabricación del chasis.

HOJA DE PROCESO DE FABRICACIÓN DEL BASTIDOR GO-KART			
Nombre del proceso		Soldadura GMAW	
PARAMETROS DE TRABAJO			
Espesor del material		2 mm	
Diámetro del alambre		0.8 mm	
Amperaje		110 A	
Voltaje		16 V	
Material depositado		00.04 kg/m	
Gas		CO2	
OPERACIÓN	PREPARACIÓN	SOLDADURA	CHOQUIS DE OPERACIÓN
Soldar lateral derecho	Muesca	MIG	
Soldar lateral izquierdo	Muesca	MIG	

Soldar el soporte delantero del asiento	Por ambos lados	MIG	
Soldar refuerzo lateral derecho	muesca	MIG	
Soldar refuerzo asiento trasero	muesca	MIG	
Soldar refuerzos laterales derecho	Muesca	MIG	
Soldar refuerzos posteriores	Muesca	MIG	
Soldar refuerzos laterales externos	Muesca	MIG	
Soldar refuerzo para dirección	Muesca	MIG	
Soldar anclajes del asiento	Muesca	MIG	

Soldar refuerzos manguetas	Corte de plano	MIG	
Soldar anclaje posterior	Muesca	MIG	

4.3.4 Señalar y marcar los tubos

En este proceso se verifica las medidas de los tubos mediante los planos y se procede a señalar y marcar los tubos para posteriormente ser cortados.



Figura 62: Señalización de piezas.

4.3.5 Corte del material

Las uniones del chasis conocidas como nodos e indicadas en la tabla anterior se las realiza mediante encaje de tubo a tubo este tipo de corte de material se conoce como corte de boca de pescado en tubería redonda como se muestra en la figura 63, con una ventaja de evitar aporte de material durante la soldadura ayudando a obtener cordones de soldadura homogéneos y uniformes.



Figura 63: Tipo de corte llamado boca de pescado.

Para realizar este tipo de cortes existe diferentes métodos descritos en la figura 64.

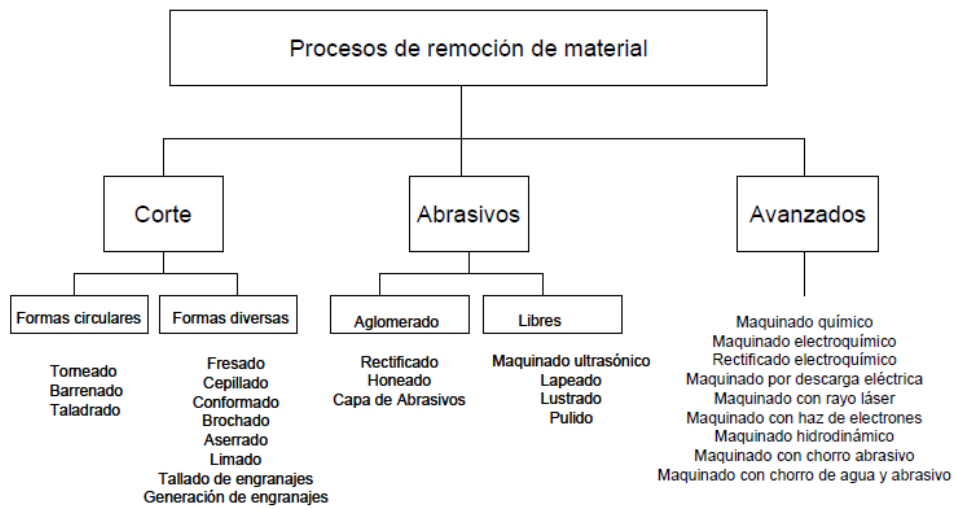


Figura 64: Procesos de remoción de material [28].

El método a utilizar es el corte por aserrado con una máquina de corte mostrado en la figura 65, donde se realiza un sobredimensionamiento para evitar errores longitudinales seguidamente se utiliza una plantilla que marcan el contorno de la boca de pescado el cual se obtiene por medio del programa de diseño CAD se imprime y se coloca en el tubo para marcar y cortar los tubos de acuerdo al modelo del chasis se aplica este método por su bajo costo versatilidad y precisión, los cortes por chorro de agua o CNC son elevados por lo que se usaría ese tipo de corte cuando se fabrique en grandes volúmenes.



Figura 65: Proceso de corte de la tubería.

4.3.6 Doblado de tubos

Los tubos redondos se puede dar curvatura en frio o caliente para la parte frontal del bastidor se lo realiza en frio los costos de este proceso son bajos mientras que doblar en caliente es más costoso y se realiza en casos especiales, para doblar los tubos se utiliza una dobladora de rodillos y el radio de curvatura se determina de acuerdo a los planos de construcción como se muestra en la figura 66, y en función del diámetro grande de doblado.



Figura 66: Doblado del frontal.

4.3.7 Selección del proceso de soldadura

La selección del proceso de soldadura es muy importante ya que el bastidor es básicamente una estructura soldada y la elección del mismo debe ser la adecuada. La selección para la soldadura se presenta en las tablas 20 - 23 aplicando un proceso de selección aprendido durante el módulo de Diseño de Soldadura dictado por el Ing. Juan Paredes.

El primer paso es reunir los parámetros que podrán determinar el proceso de soldadura a aplicar se presenta en la tabla 20.

Tabla 20: Características para el proceso de soldadura.

Características del Proceso	Material
Espesor metal base:	2mm
Tipo de Material:	ASTM A 1011
Lugar a desarrollarse la soldadura:	Taller cerrado
Diámetro exterior:	31.75 mm
Fuente de corriente:	Continua
Acceso a los accesorios:	Tiene fácil acceso
Posición de soldeo:	1G, 2G
Calidad de soldadura:	Se requiere alta calidad
Necesidad de varios procesos:	Un solo proceso
Habilidad del operador:	El operador cuenta con habilidad en proceso SMAW, GMAW, GTAW.

En la tabla21 se presenta los tipos de soldadura que se pueden aplicar, esto permite pre seleccionar procesos de soldadura según sus usos comunes, tipo de material, habilidad y espesor.

Tabla 21: Tipos de soldadura.

Proceso	Aplicaciones
SMAW	Trabajo estructural, construcción de navíos, reparación de tubería y mantenimiento, trabajo en taller y campo.
GMAW	Soldadura en alta producción, que requiere alta rata de depósito. Trabajo en taller únicamente. Soldadura de materiales ferrosos y no ferrosos.
GTAW	Soldadura de materiales especiales (incluido no ferrosos), soldadura de alta precisión soldadura de material delgado. Automotriz, aeroespacial, generación de energía.
SAW	Construcción de navíos, tanques, calderas, soldadura de perfiles de alto espesor, soldadura de tubería (rotado), reconstrucción de superficies.
FCAW	Soldadura estructural, maquinaria pesada, navíos y plataformas, recubrimiento duro de superficies, soldadura en campo.

Debido a que el operador tiene conocimiento se preseleccionan los procesos GTAW, GMAW y SMAW, ya que sus aplicaciones son válidas para la elaboración del bastidor.

Es importante tomar en cuenta el espesor del material el cual es de 2mm y mediante esto se considera los valores de la siguiente tabla 22.

Tabla 22: Pre selección de la soldadura aplicar.

Proceso de soldadura	Acero al carbono	Acero inoxidable	Aleación de Aluminio	Aleación de Magnesio
SMAW	S, I, M, T	S, I, M, T	S, I, M, T	N/A
SAW	S, I, M, T	S, I, M, T	N/A	N/A
GMAW	S, I, M, T	S, I, M, T	S, I, M, T	S, I, M, T
FCAW	I, M, T	I, M, T	N/A	N/A
GTAW	S, I	S, I	S, I, M	S, I
ORW	S, I, M, T	S (NR)	S (NR)	N/A
Leyenda				
S: Lámina (hasta 3mm espesor)	I: Intermedio (de 3 a 6 mm espesor)	M: Medio (de 6 a 19 mm espesor)		
T: Gruesa (Más de 19mm espesor)	N/A: No aplica		NR: No recomendado	

De esta manera se pre selecciona los procesos GMAW y GTAW ya que son los más adecuados para soldar espesores de láminas de 0.6 mm a 6 mm el proceso SMAW se descarta debido a que para realizar trabajos en espesores menores a 3mm se necesita una mayor habilidad en la tabla 23 se presenta los costos de acuerdo a las habilidades para materiales y espesores para los diferentes tipos de soldadura.

Tabla 23: Aplicaciones de procesos de soldadura.

	Habilidad	Costo	Materiales	Espesor	Velocidad
SMAW	Moderada	Alto	Acero, Inox, Níquel y Bronce	3 mm y superior	Baja
GMAW	Baja	Bajo	Acero, Inox, Níquel, Bronce y Aluminio	0.6 mm y superior	Muy Alta
GTAW	Alta	Alto	Acero, Inox, Níquel, Bronce, Aluminio y Titanio	0.2 mm y superior	Muy baja
SAW	Moderada	Medio	Acero, Inox	8 mm y superior	Muy alta

Ahora bien, debido a que el costo para la aplicación del proceso GTAW es mayor y se requiere mayor habilidad se selecciona como proceso de aplicación al proceso GMAW.

4.3.8 Soldadura de componentes

4.3.8.1 Preparación de cantos para soldadura

Con los tubos cortados de acuerdo a los planos del bastidor se procede a soldar cada uno de los tubos obteniendo el ensamble total del chasis en la siguiente figura 67, se presenta los tubos a soldar con la ayuda de unos apoyos sirven para evitar desviaciones de la tubería durante el proceso de la soldadura.



Figura 67: Proceso de soldadura del chasis.

Es importante colocar los soportes de soldadura como muestra la figura 68, a medida que vamos avanzando con el ensamble y soldado de los tubos en el jip's de soldadura que se elaboró en el tríplex se tiene una referencia del plano de planta del bastidor para evitar fallas o errores al unir los elementos que van conformando el chasis.

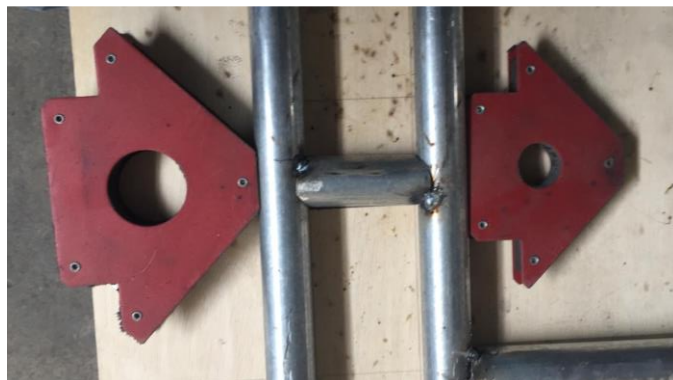


Figura 68: Proceso de soldadura del chasis.

Se continúa con el proceso de soldado en cada una de las uniones en la siguiente figura 69, se presenta otra posición de los soportes que ayudan en el proceso de soldadura del chasis.



Figura 69: Proceso de soldadura del chasis.

Conforme se continúa avanzando en el proceso de soldadura se va obteniendo el ensamble total del chasis en la siguiente figura 70 se obtiene ya todos los elementos tubulares del chasis.



Figura 70: Chasis soldado completo.

4.3.8.2 Limpieza e inspección de juntas soldadas

Una vez se ha terminado el proceso de soldadura se procede a limpiar e inspeccionar las juntas mediante inspección visual esto para determinar si existen porosidades o espacios que no se encuentren correctamente soldados, en la figura 71 se observa el bastidor ensamblado con todos sus componentes.



Figura 71: Bastidor ensamblado.

4.3.8.3 Selección del proceso de pintura

El proceso de pintura es importante para prolongar la vida útil del bastidor ya que esto reduce la corrosión y a la vez mejora la estética del mismo algo muy importante en el ámbito de las competencias automotrices ya que los vehículos más llamativos suelen tener la mayor atención de los espectadores.

En el área automotriz por lo general se utiliza la aplicación de pintura a base de poliuretano o poliéster ambas se realizan en un horno o cámara de pintura.

Sin embargo, estos procesos requieren de habilidad y un proceso de masillado y preparado para garantizar su calidad así también como una capa de barniz protectora para dar su acabado y evitar su daño prematuro.

Debido a estas implicaciones se propone el proceso de pintura electrostática la cual es usada normalmente en las estructuras metálicas pequeñas tiene un buen acabado, bajo costo y durabilidad.

El proceso consiste en pintura en estado de polvo que al pasar por una pistola es cargada negativamente de manera que se adhiere con facilidad a una estructura metálica cargada positivamente y con descarga a tierra, luego la estructura es calentada en un horno de manera que la pintura se impregna en el bastidor.

4.3.8.4 Aplicación de la pintura electrostática

Cuando se obtiene el ensamble completo del bastidor y probado todas las piezas que forman el vehículo se procede a pintar la estructura del bastidor protegiéndolo de los agentes meteorológicos que afecte en el acabado del bastidor evitando que el metal tenga problemas de corrosión en la figura 72 se presenta la aplicación de la pintura.



Figura 72: Pintado del chasis.

Una vez aplicada toda la pintura se le somete al calor en un horno especialmente destinado para esta función como se observa en la figura 73.



Figura 73: Bastidor sometido al calor.

Al terminar el proceso se obtiene el resultado final se presenta la figura 74, el cual es un bastidor para un vehículo tipo Go Kart con buenos acabados, que cumple con las normativas de la CIK- FIA y funcional.



Figura 74: Bastidor terminado.

4.3.8.5 Costo total de manufactura del bastidor

Se detalla en las tablas 24, 25 y 26 se presentan los costos de equipos, materiales, herramientas, mano de obra y procesos que ha utilizado para la fabricación del bastidor con el objetivo de determinar el costo real de construcción del bastidor para vehículo go kart.

Tabla 24: Materiales utilizados para fabricar.

MATERIALES			
Descripción	Cantidad	V. unitario	V. total
Tubo redondo ASTM A-1011, 1-1/4 x2 mm	2	15	30
Tubo redondo ASTM A-1011,	1	3	3
Tríplex madera	1	22	22
Hoja de sierra	1	0.60	0.60
Disco de corte 4-1/2	3	4.5	13.50
Lijas 80	2	0.60	1.20
Pintura electroestática	1	15	15
Plancha de acero 1,2x1,2x2mm	1	6	6
Mano de obra	16	8	128
		Total	219.30

Tabla 25: Equipos necesarios para fabricar.

EQUIPOS			
Descripción	Cantidad	V. unitario	V. total
Soldadora	2	N/A	N/A
Cortadora de tubos	1	N/A	N/A
Amoladora	1	N/A	N/A
Dobladora de tubos	1	N/A	N/A

Tabla 26: Herramientas necesarias.

HERRAMIENTAS			
Descripción	Cantidad	V. unitario	V. total
Cepillo de acero	1	N/A	N/A
Escuadras	2	N/A	N/A
Flexómetro	1	N/A	N/A
Arco de sierra	1	N/A	N/A
Lima redonda y plana	2	N/A	N/A

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Se diseñó un proceso de manufactura que permitió la construcción de un bastidor para un vehículo Go- Kart, que cumple con normativas y estándares exigidos a nivel mundial sin necesidad de una inversión económica y tecnológica considerable, con procesos accesibles para cualquier fabricante.

El enfoque sistemático de la simulación y la determinación de condiciones de funcionamiento del vehículo Go Kart proporcionó una mejora considerable en la distribución geométrica en los elementos estructurales que conforman el vehículo.

Para la construcción del bastidor tubular, se realizó un estudio de resistencia de la estructura, esto mediante la simulación de cargas críticas a las que está sometido el vehículo, seleccionando como material de fabricación al acero ASTM A 1011 el cual presentó un mejor comportamiento en los estados tensionales permitiendo que el prototipo sea seguro y eficiente durante su funcionamiento.

El diseño del proceso de manufactura propuesto permitió la fabricación de un bastidor para un vehículo tipo Go Kart, siguiendo una estructura secuencial de manera que se garantizó la calidad en cada uno de ellos, realizando una selección acorde con costos adecuados considerando un bajo nivel de producción.

La investigación en el desarrollo de bastidores para Go- Kart no se ha detenido, con el paso del tiempo, sigue evolucionando con mejores diseños y aleaciones de material, buscando siempre durabilidad y seguridad del piloto, siendo posible el desarrollo de futuras investigaciones utilizando Dummy del piloto.

5.2 RECOMENDACIONES

Para producción en masa del bastidor del vehículo el proceso de cortado debe ser realizado mediante cortado por láser o plasma pues se tendrá mejores empalmes y reducción de material de aporte de soldadura.

Seleccionar de manera correcta un proceso de soldadura, permitirá reducir gastos de producción.

Realizar cualquier estudio o investigación siempre aplicando las normativas que rigen cualquier proceso.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] FIA, «COMMISSION INTERNATIONALE DE KARTING- FIA,» 1 Febreo 2018. [En línea]. Available: <http://www.cikfia.com/inside-cikfia/history/our-history/browse/20.html>.
- [2] J. Duque, «GUÍA PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE UN PEQUEÑO VEHÍCULO RECREATIVO,» 1997.
- [3] G. Mirone, «MULTI-BODY ELASTIC SIMULATION OF A GO-KART: CORRELATION,» *International Journal of Automotive Technology*, p. 469, 2010.
- [4] M. Evangelos, A. Cerullo y R. Luigi, «Design of a tuned sandwich chassis for,» *International Journal Vehicle Desing*, 2007.
- [5] A. Padhi y A. Joshi, «Increase Factor of Safety of Go-Kart Chassis during Front Impact Analysis,» 2012.
- [6] T. Shiiba, R. Koike y C. Siyu, «Evaluations of Racing Kart Behavior with Flexible Multibody Dynamics,» *The Japan Society of Mechanical Engineers*, 2013.
- [7] C. Anjul, N. Lalit y C. Sparsh, «DESIGN AND ANALYSIS OF A GO-KART,» *International Journal of Aerospace and Mechanical Engineering*, 2016.
- [8] A. Chauhan, «DESIGN AND ANALYSIS OF A GO-KART,» *International Journal of Aerospace and Mechanical Engineering*, 2016.
- [9] R. Carro, Diseño y Selección de Procesos, Río de la Plata: Universidad Nacional de Mar del Plata, 2015.
- [10] MIPRO, «Ministerio de producción, comercio exterior, inversiones y pesca,» 2019. [En línea]. Available: <http://www.produccion.gob.ec/>.
- [11] W. Contreras, P. Quezada y O. Lizzete, «Propuesta Metodológica para el Diseño del Chasis de un Kart tipo KF4,» *La Ingeniería Automotriz*, p. 183, 2018.
- [12] RFEa, Reglamento Técnico Nacional Aplicable a todos los Campeonatos Copas, Trofeos y Challenges de España de Karting 2019., Madrid., 2019.
- [13] Federación Ecuatoriana de Automovilismo y Kartismo Deportivo, Reglamento General Deportivo de Karting, Quito: FEDAK, 2019.
- [14] D. Aguado, Diseño y Análisis de un Chasis de Kart de Competición, Madrid: Universidad Carlos III de Madrid, 2014.
- [15] O. Anadón y M. Pabón, Diseño de un Kart de Pista, Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña, 2012.
- [16] J. Montiel, «Motor en marcha,» 29 Enero 2015. [En línea]. Available: <http://motorenmarcha.com/mecanica-automotriz-altura-del-centro-de-gravedad/>. [Último acceso: 18 Diciembre 2020].
- [17] G. José, «Diariomotor,» 20 Febrero 2020. [En línea]. Available: <https://www.diariomotor.com/que-es/mecanica/angulos-de-la-direccion-coche/>. [Último acceso: 18 Diciembre 2020].
- [18] P. Quezada, Diseño y Fabricación del Chasis para un Kart KF4 Según la Normativa CIK/ FIA, Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana, 2018.

- [19] J. A. Díaz, «Geometría y ángulos en las ruedas,» 27 Mayo 2015. [En línea]. Available: <http://joseantoniodiazcfsd.blogspot.com/2015>. [Último acceso: 18 Diciembre 2020].
- [20] DMK Racing, «DMK Racing,» DMK Racing, 20 Abril 2015. [En línea]. Available: <https://dmkracing.com/noticias/consejo-montar-asiento-kart/>. [Último acceso: 1 Octubre 2020].
- [21] S. DM KART RACING MOTOR, «Consejos para elegir y montar el asiento de un kart,» 15 Octubre 2016. [En línea]. Available: <https://dmkracing.com/noticias/consejo-montar-asiento-kart/>. [Último acceso: 18 Diciembre 2020].
- [22] B. d. a. d. a. 4130, «Linkun,» 2020 01 17. [En línea]. Available: <http://es.lksteelpipe.com/4130-alloy-steel-bar>. [Último acceso: 17 07 2020].
- [23] T. C. O. Gabriel, «DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CORTE LÁSER POR CO2 EN EL ACERO ASTM A500 Y LA ALEACIÓN HSLA ASTM A1011 GRADO 50 Y SU INCIDENCIA EN LA RUGOSIDAD SUPERFICIAL, DUREZA DEL MATERIAL Y EFECTO TÉRMICO PARA APLICACIONES EN LA INDUSTRIA METALMECÁNICA,» UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, AMBATO, 2020.
- [24] sumiteccr, «AE02,» 01 01 2020. [En línea]. Available: <http://www.sumiteccr.com/acero/estructural/AE02.pdf>. [Último acceso: 18 07 2020].
- [25] W. P. Almeida, «Análisis de soldabilidad del Acero HSLA ASTM A1011 GR 50 Y SI INCIDENCIA EN LA FABRICACIÓN DE CARROCERÍAS METÁLICAS PARA BUSES,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2019.
- [26] Blogspot, Identificación Genral de Sistemas y Técnicas de Fabricación., Morelia: Blogspot, 2013.
- [27] Z. Drag, «Almohadilla de deslizamiento,» 6 Octubre 2016. [En línea]. Available: <http://zealdrag.com/event-details/skid-pad/>. [Último acceso: 18 Diciembre 2020].
- [28] O. E. Guerrero, Procesos de Manufactura en Ingeniería Industrial, UNAD, 2008.

ANEXOS

Anexo 1: Propiedades del acero HSLA ASTM A1011 Gr 50

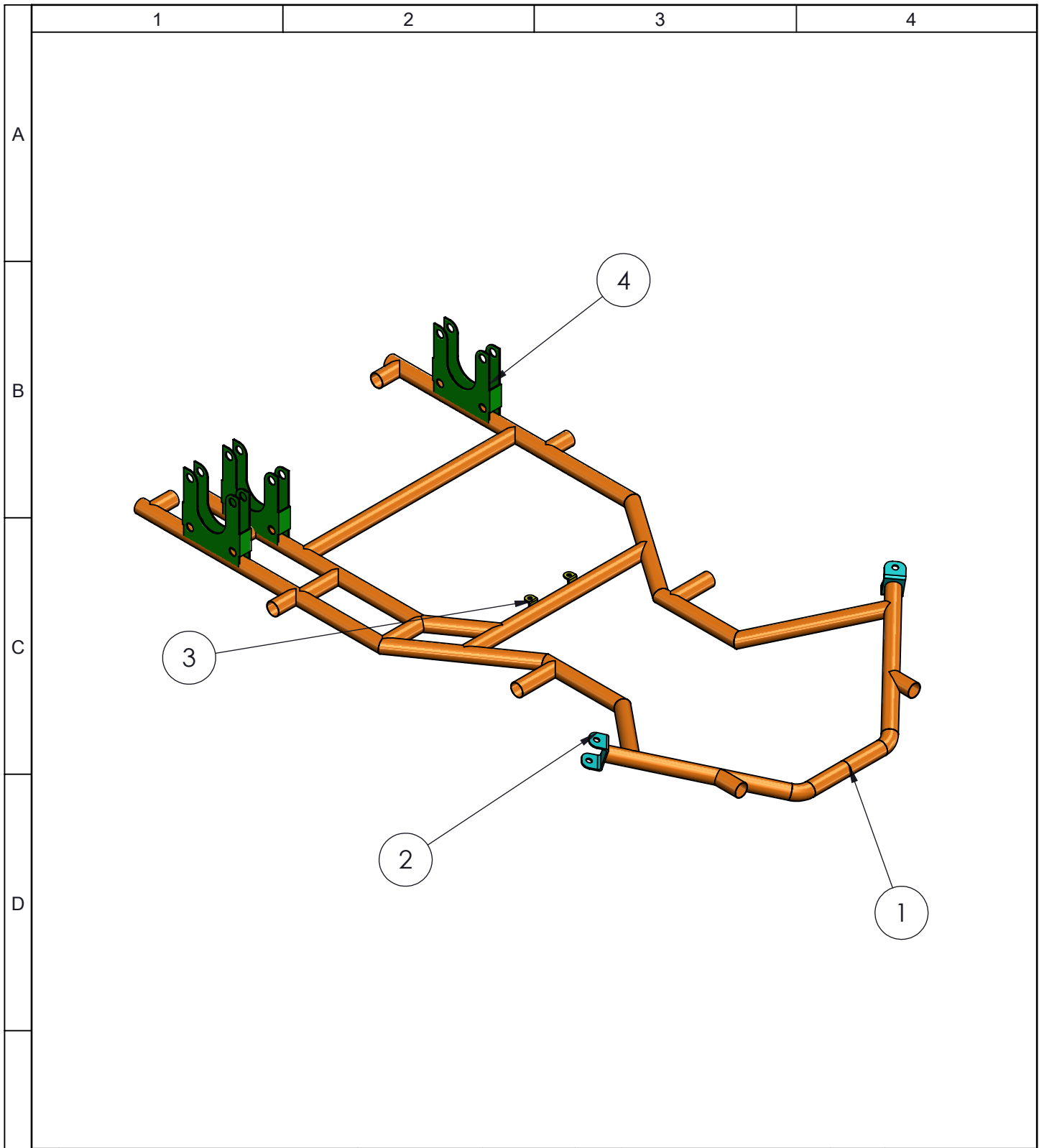


TABLE 4 Mechanical Property Requirements^A
For Hot Rolled Steel Sheet and Strip Designations SS, HSLAS, HSLAS-F, and UHSS

Designation	Yield Strength	Tensile Strength ^B	Elongation in 2 in. [50 mm] min, % for Thicknesses:			Elongation in 8 in. [200 mm], % for Thickness:
			Under 0.230 [6.0 mm] to 0.007 [2.5 mm]	Under 0.097 [2.5 mm] to 0.064 [1.6 mm]	Under 0.064 [1.6 mm] to 0.025 [0.65 mm]	
SS:						
Grade 30 [205]	30 [205]	40 [340]	25	24	21	19
Grade 33 [230]	33 [230]	52 [360]	23	22	18	18
Grade 36 [250] Type 1	36 [250]	53 [365]	22	21	17	17
Grade 36 [250] Type 2	36 [250]	58-80 [400-550]	21	20	16	16
Grade 40 [275]	40 [275]	55 [390]	21	20	15	16
Grade 45 [310]	45 [310]	60 [410]	19	18	13	14
Grade 50 [340]	50 [340]	65 [450]	17	16	11	12
Grade 55 [380]	55 [380]	70 [480]	16	14	9	10
Grade 60 [410]	60 [410]	75 [480]	14	13	8	9
Grade 70 [480]	70 [480]	85 [550]	13	12	7	8
Grade 80 [550]	80 [550]	95 [620]	12	11	6	7
HSLAS:						
			Over 0.097 in. [2.5 mm]	Up to 0.097 [2.5 mm]		...
Grade 45 [310] Class 1	45 [310]	60 [410]	25	23		...
Grade 45 [310] Class 2	45 [310]	55 [390]	25	23		...
Grade 50 [340] Class 1	50 [340]	65 [450]	22	20		...
Grade 50 [340] Class 2	50 [340]	60 [410]	22	20		...
Grade 55 [380] Class 1	55 [380]	70 [480]	20	18		...
Grade 55 [380] Class 2	55 [380]	65 [450]	20	18		...
Grade 60 [410] Class 1	60 [410]	75 [520]	18	16		...
Grade 60 [410] Class 2	60 [410]	70 [480]	18	16		...
Grade 65 [450] Class 1	65 [450]	80 [550]	16	14		...
Grade 65 [450] Class 2	65 [450]	75 [520]	16	14		...
Grade 70 [480] Class 1	70 [480]	85 [585]	14	12		...
Grade 70 [480] Class 2	70 [480]	80 [550]	14	12		...
HSLAS-F:						
Grade 50 [340]	50 [340]	60 [410]	24	22		...
Grade 60 [410]	60 [410]	70 [480]	22	20		...
Grade 70 [480]	70 [480]	80 [550]	20	18		...
Grade 80 [550]	80 [550]	90 [620]	18	16		...
UHSS:						
Grade 90 [620] Types 1 and 2	90 [620]	100 [690]	16	14		...
Grade 100 [690] Types 1 and 2	100 [690]	110 [760]	14	12		...

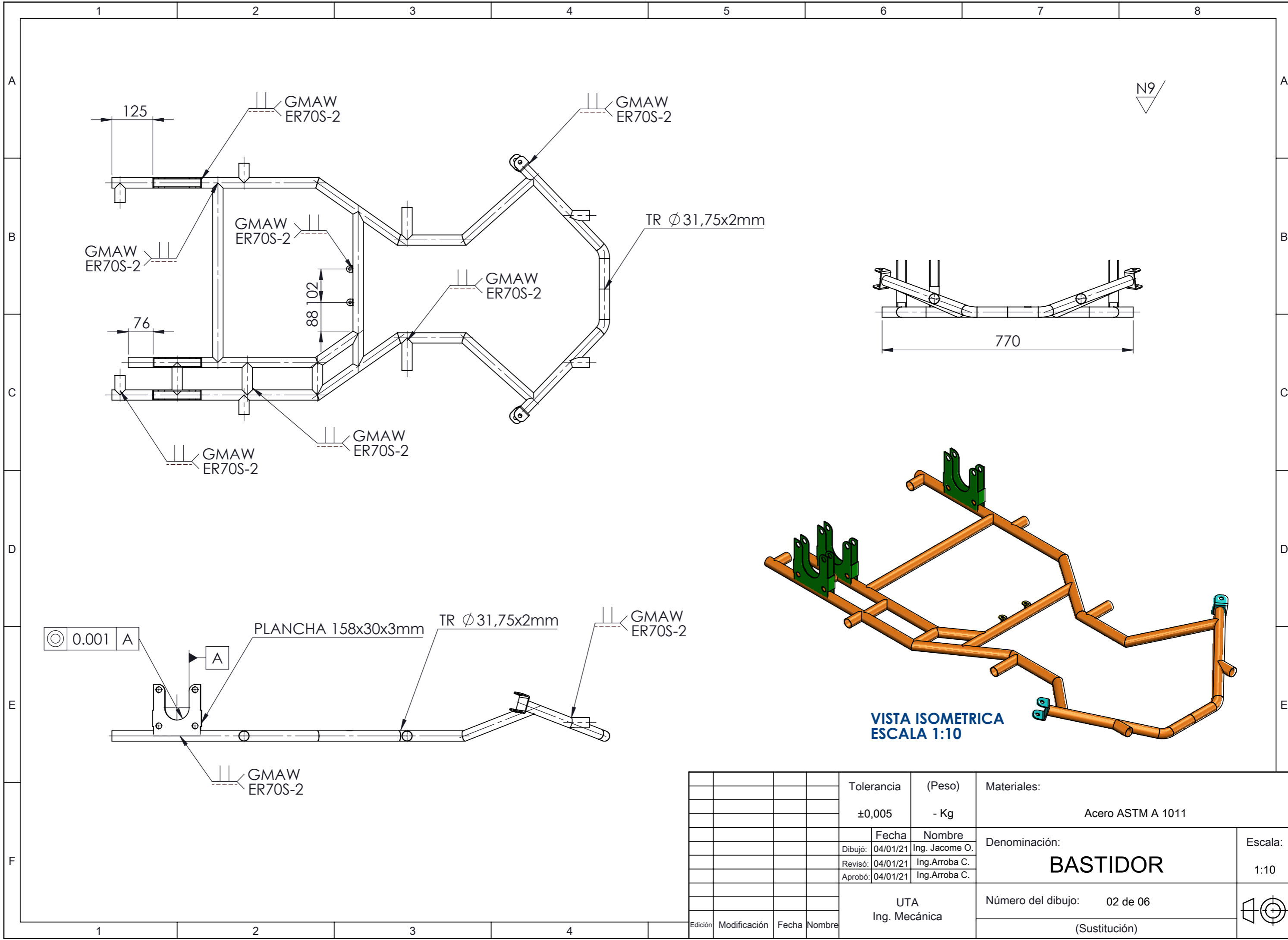
^A For coil products, testing by the producer is limited to the end of the coil. Mechanical properties throughout the coil shall comply with the minimum values specified.

^B A minimum and maximum tensile strength has been specified for SS36 Type 2.

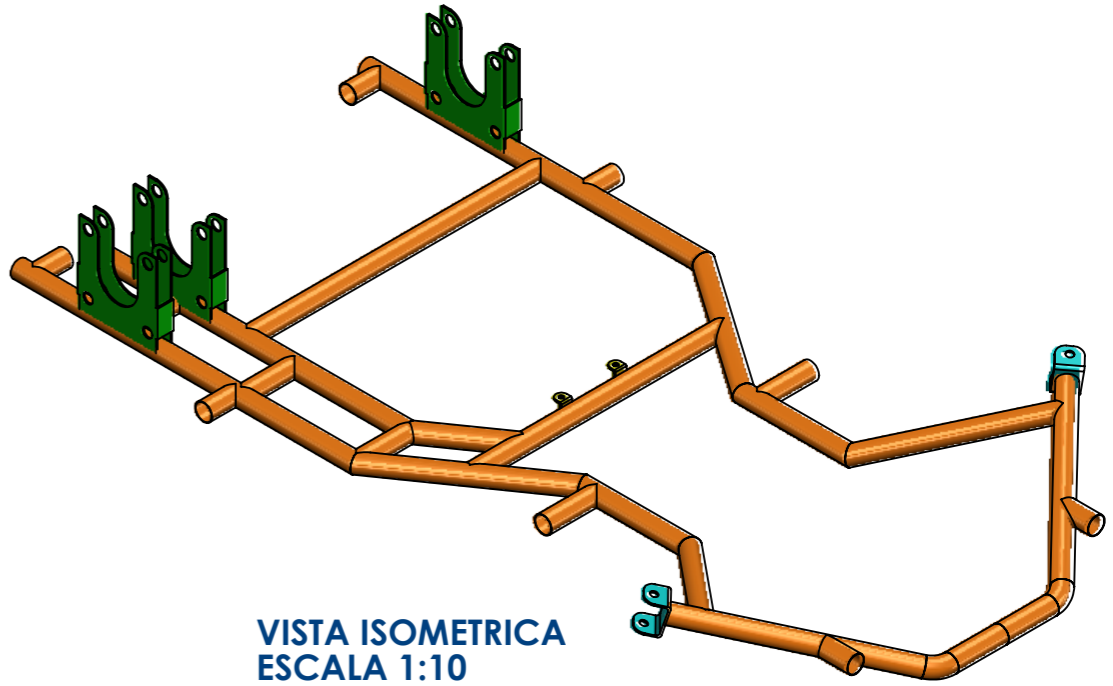
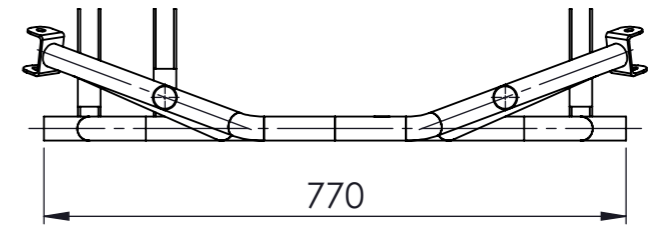


E	3	Soporte Posterior	145x160x2mm	ASTM1011	4	Plancha		Adquirido
	2	Soporte asiento	20x15x 2mm	ASTM1011	3	Plancha		Adquirido
	2	Pasador	56x40x2mm	ASTM1011	2	Plancha		Adquirido
	8	Bastidor-Chasis	∅ 31,75x 2mm	ASTM1011	1	Tubo redondo		Cortado-sold
	Nº de pieza	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	Nº de orden	Nº de modelo/semiproducto	Peso kg/pieza	Observación

				Tolerancia	(Peso)	Materiales:		
				±0,005	8 Kg	Acero ASTM A1011 grado 50		
				Fecha	Nombre	Denominación:		Escala:
				Dibujó: 04/01/21	Ing. Jacome O.	BASTIDOR GO-KART		1:10
				Revisó: 04/01/21	Ing. Arroba C.			
				Aprobó: 04/01/21	Ing. Arroba C.			
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 01 de 06		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	(Sustitución)				



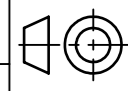
N9

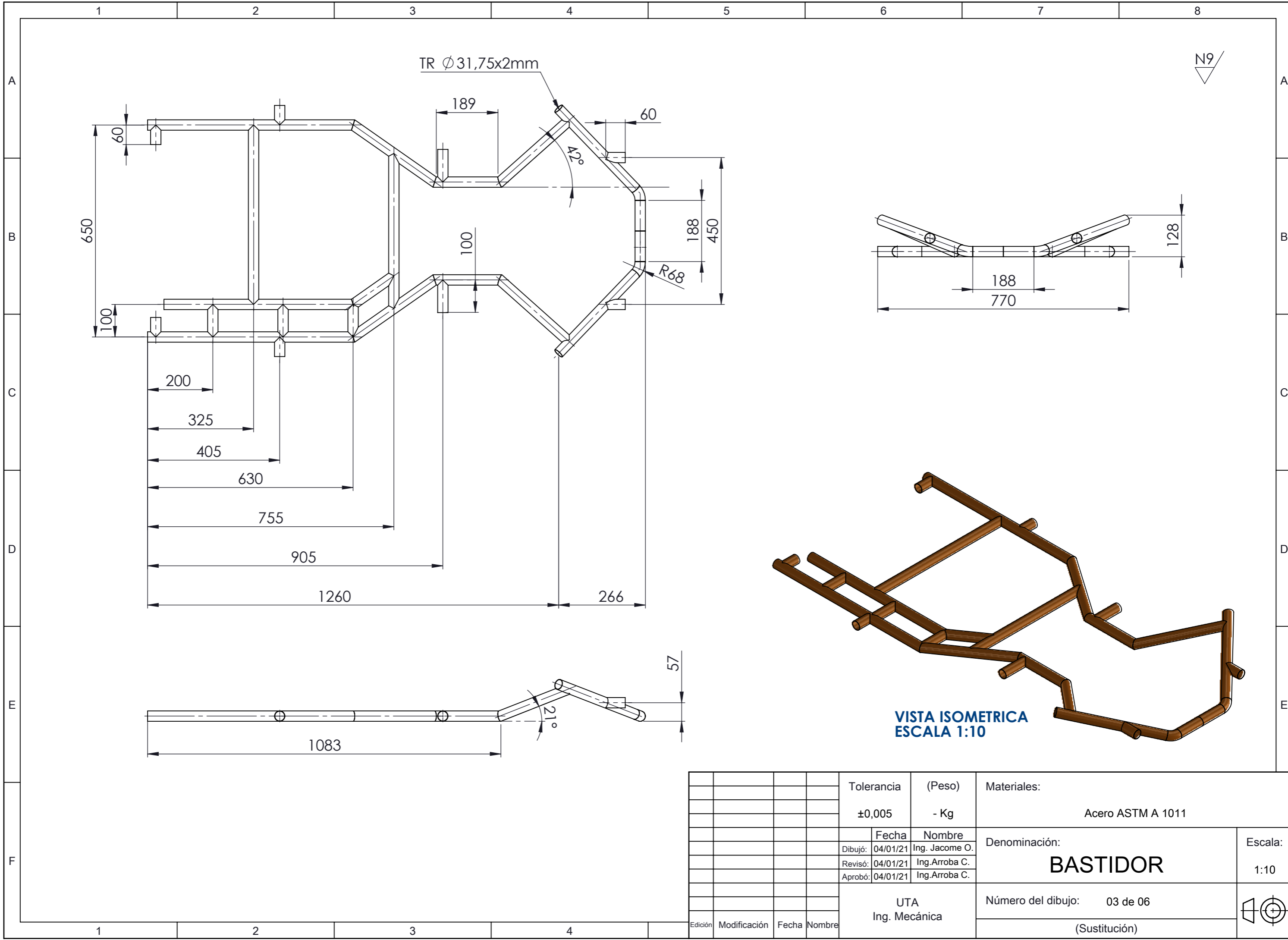


VISTA ISOMETRICA
ESCALA 1:10

				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,005	- Kg	Acero ASTM A 1011	
					Fecha	Nombre	Denominación:
				Dibujó:	04/01/21	Ing. Jacome O.	
				Revisó:	04/01/21	Ing. Arroba C.	
				Aprobó:	04/01/21	Ing. Arroba C.	Número del dibujo: 02 de 06
				UTA Ing. Mecánica		(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Escala: 1:10	

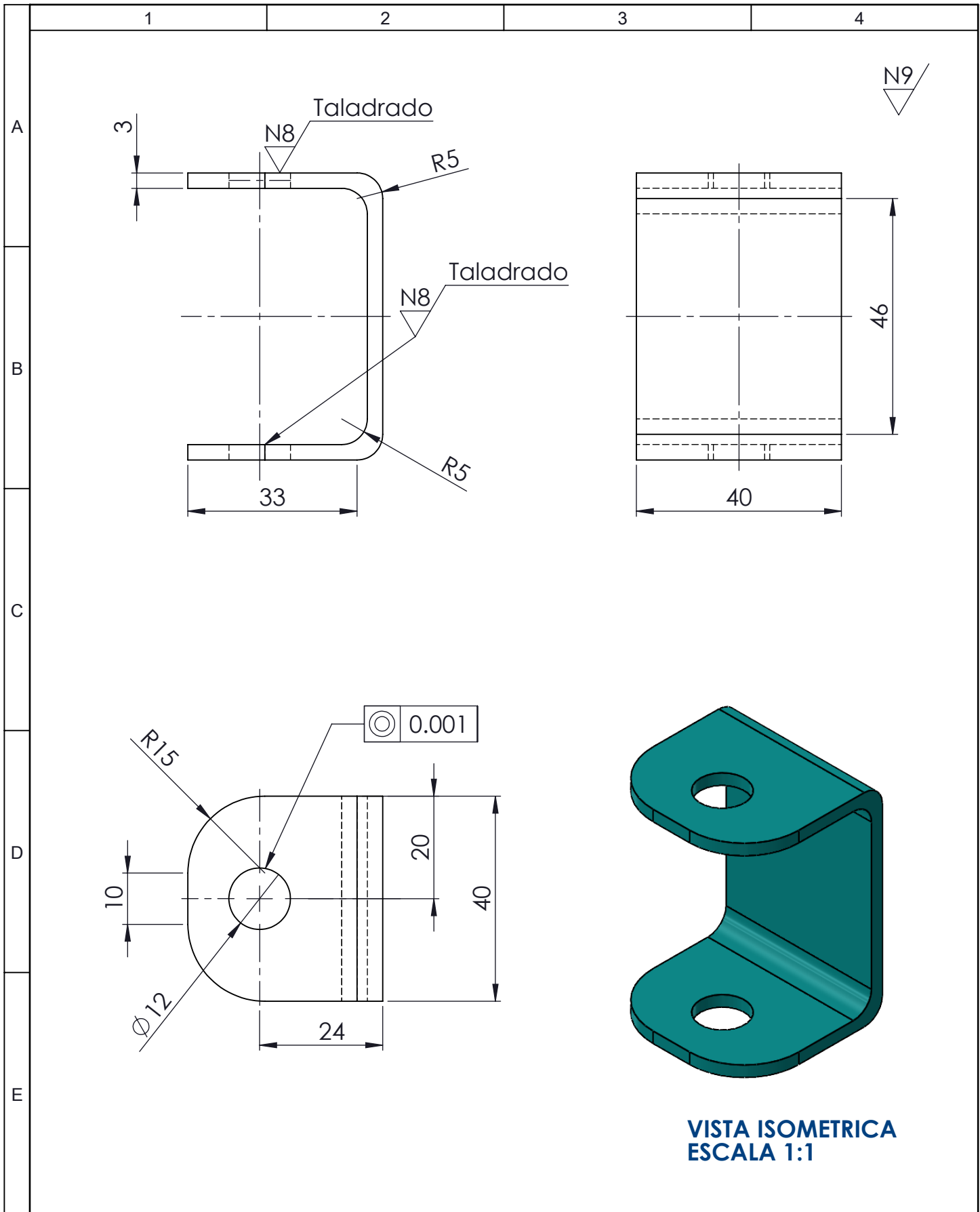
BASTIDOR





N9

				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				$\pm 0,005$	- Kg	Acero ASTM A 1011	
					Fecha	Nombre	Denominación: BASTIDOR
				Dibujó:	04/01/21	Ing. Jacome O.	
				Revisó:	04/01/21	Ing. Arroba C.	
				Aprobó:	04/01/21	Ing. Arroba C.	Escala: 1:10
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 03 de 06	
						(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



**VISTA ISOMETRICA
ESCALA 1:1**

				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				$\pm 0,005$	- Kg	Acero ASTM A1011 grado 50	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó:	04/01/21	Ing. Jacome O.		
			Revisó:	04/01/21	Ing. Arroba C.		
				Aprobó:	04/01/21	Ing. Arroba C.	1:1
				UTA		Número del dibujo: 04 de 06	
				Ing. Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

1

2

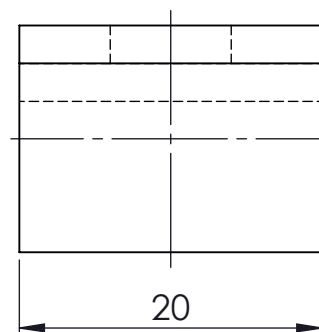
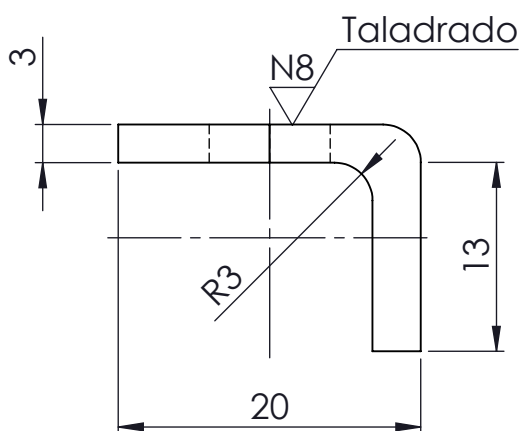
3

4

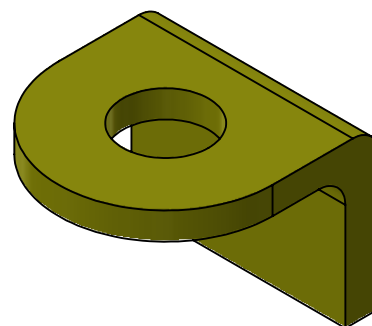
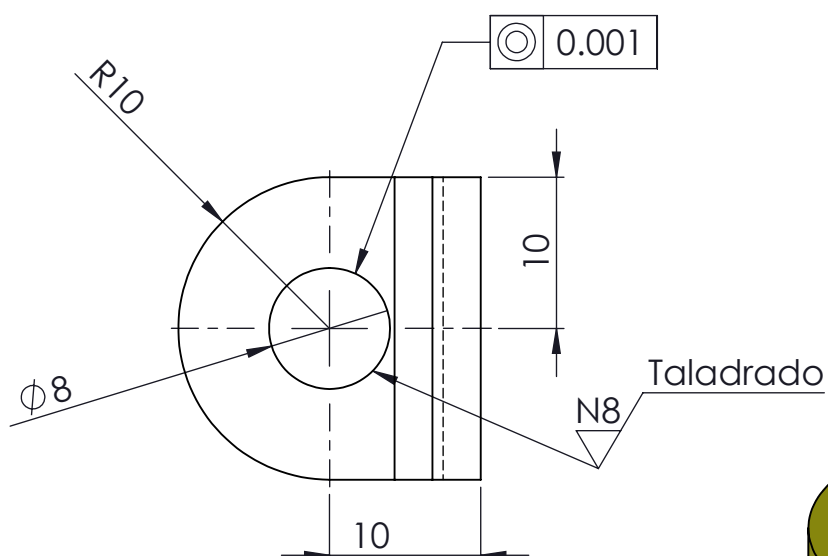
A

N9

B



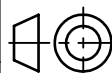
C

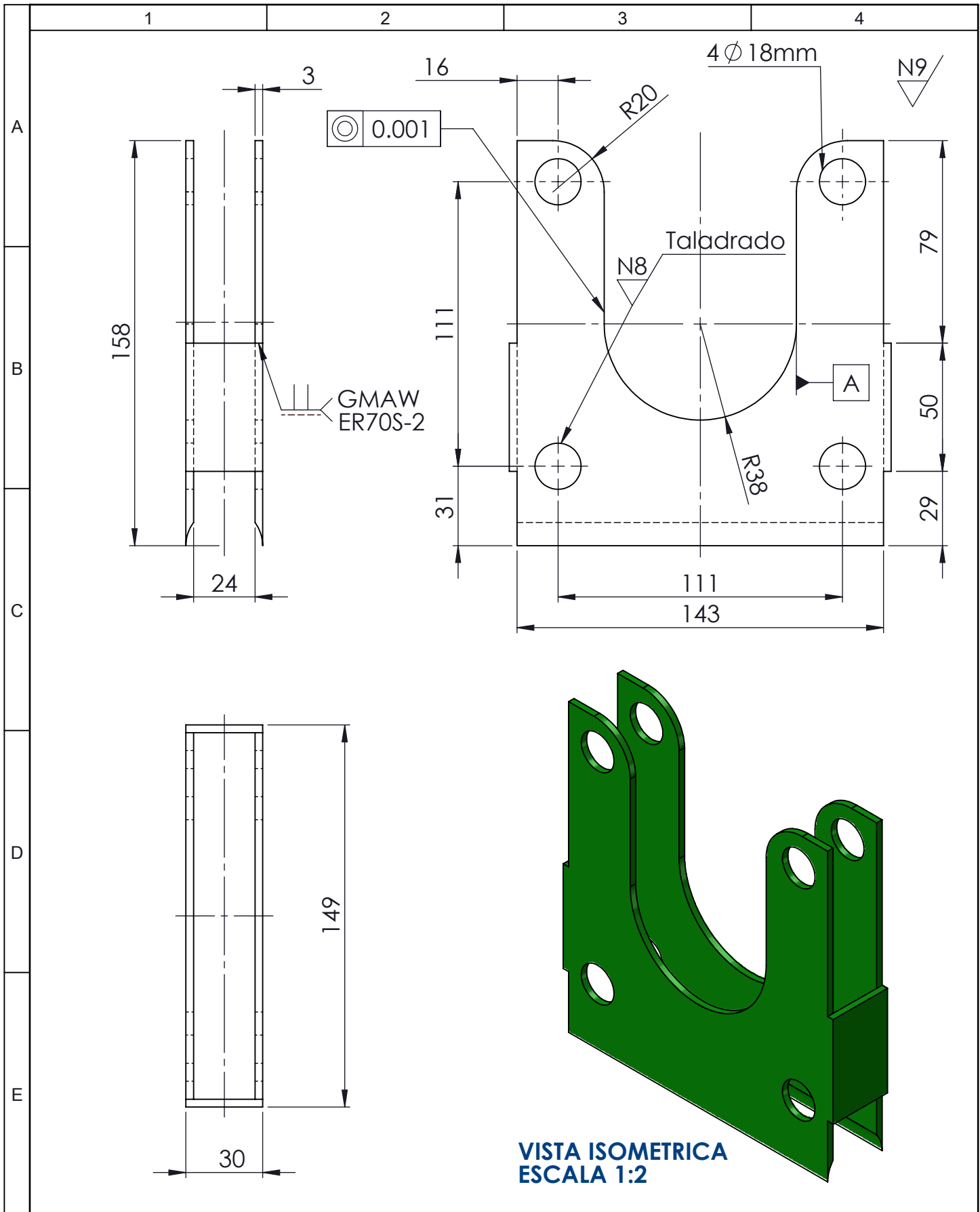


**VISTA ISOMETRICA
ESCALA 2:1**

E

				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,005	- Kg	Acero ASTM A1011 grado 50	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó:	04/01/21	Ing. Jacome O.		
			Revisó:	04/01/21	Ing. Arroba C.		
				Aprobó:	04/01/21	Ing. Arroba C.	2:1
				UTA		Número del dibujo:	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ing. Mecánica		(Sustitución)	





				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,005	- Kg	Acero ASTM A1011 grado 50	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó:	04/01/21	Ing. Jacome O.		
			Revisó:	04/01/21	Ing. Arroba C.		
				Aprobó:	04/01/21	Ing. Arroba C.	1:2
				UTA		Número del dibujo:	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ing. Mecánica		(Sustitución)	

