



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**DISEÑO DE SOPORTES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN TREN
DE POTENCIA ELÉCTRICO SOBRE UN CHASIS DE KARTING
HOMOLOGADO BAJO LA NORMA CIK – FIA 30/CA/14 Y ANÁLISIS
ESTRUCTURAL MEDIANTE ELEMENTOS FINITOS**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AUTOMOTRIZ

AUTORA:

VALERIA KAMILA MEJÍA BOLAÑOS

Riobamba – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**DISEÑO DE SOPORTES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN TREN
DE POTENCIA ELÉCTRICO SOBRE UN CHASIS DE KARTING
HOMOLOGADO BAJO LA NORMA CIK – FIA 30/CA/14 Y ANÁLISIS
ESTRUCTURAL MEDIANTE ELEMENTOS FINITOS**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AUTOMOTRIZ

AUTORA: VALERIA KAMILA MEJÍA BOLAÑOS

DIRECTOR: Ing. VÍCTOR DAVID BRAVO MOROCHO

Riobamba – Ecuador
2023

©2023, Valeria Kamila Mejía Bolaños

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el derecho de autor.

Yo, VALERIA KAMILA MEJÍA BOLAÑOS, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y que los resultados de este son auténticos y originales. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular, el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 02 de junio de 2023.



Valeria Kamila Mejía Bolaños

175200011-5

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico. **DISEÑO DE SOPORTES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN TREN DE POTENCIA ELÉCTRICO SOBRE UN CHASIS DE KARTING HOMOLOGADO BAJO LA NORMA CIK – FIA 30/CA/14 Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL MEDIANTE ELEMENTOS FINITOS**, realizado por la señorita: **VALERIA KAMILA MEJÍA BOLAÑOS**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales; en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Edgar Fabián Sánchez Carrión PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023/06/02
Ing. Víctor David Bravo Morocho DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023/06/02
Ing. Rodrigo Rigoberto Moreno Pallares ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023/06/02

DEDICATORIA

Dedico el resultado de este trabajo en memoria de mi madrecita Gladys Fabiola Valdiviezo de Bolaños, quien me animó a seguir esta carrera y estuvo presente en cada paso de mi vida estudiantil, su fuerza y perseverancia me han alentado a seguir realizándome como profesional. Su ejemplo me mantiene soñando en grande.

A mi padre Bolívar Bolaños Bustamante por ser el motor de mi vida, su amor, paciencia y dedicación me alienta a seguir adelante en los momentos más duros. Él es mi guía para continuar con mis metas sin desfallecer.

A mi mamita Jadi, quien es mi soporte, mi amiga incondicional a la que puedo contarle mis secretos y me apoya en cada decisión. Sin ella nada sería posible.

A Jenny a la que considero otra madre, me alienta, me apoya y me guía para seguir por un buen camino de metas y objetivos a cumplir.

A Marieta por enseñarme el esfuerzo y la valentía que se necesita para continuar.

Dedico este trabajo de titulación a los más pequeños de mi hogar; Ariel, Fátima, Gabriel, Emilio y Eliane, quienes entre risas y llantos han caminado a mi lado en toda la carrera universitaria.

A Ricardo por haber sido mi soporte y compañero en estos últimos años.

El amor incondicional de todos me ha alentado en cada momento.

Kamila

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios por ser mi guía y acompañarme a lo largo de mi vida personal y estudiantil, brindándome paciencia y sabiduría para cumplir con éxito todas las metas propuestas.

A mi familia por ser mi apoyo y haberme formado con amor y en valores para desenvolverme en cualquier aspecto de la vida.

Agradezco a todos los docentes de la Carrera de Ingeniería Automotriz que su sabiduría, conocimiento y amistad me han formado como profesional y como persona.

Kamila

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xiv
SUMMARY	xv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1.1. Antecedentes	1
1.2. Planteamiento del problema	1
1.3. Justificación	2
1.4. Objetivos	2
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	2
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	3

CAPÍTULO II

2 REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	4
2.1. Estado del arte.....	4
2.2. Bases teóricas.....	5
2.2.1. <i>ABS</i>	5
2.2.2. <i>Go-kart eléctrico</i>	5
2.2.3. <i>Chasis</i>	6
2.2.4. <i>Chasis homologado</i>	7
2.2.5. <i>Tren de potencia eléctrico</i>	8
2.2.6. <i>Sistema de carga</i>	8
2.2.7. <i>Baterías</i>	9
2.2.8. <i>Transformador de corriente AC/DC y DC/AC</i>	11
2.2.9. <i>Motor eléctrico</i>	12
2.2.9.1. <i>Partes del motor</i>	13
2.2.9.2. <i>Tipos de motores eléctricos</i>	13
2.2.10. <i>Sistema de transmisión</i>	13
2.2.11. <i>Normativa de homologación CIK – FIA</i>	14

2.2.12.	Cargas	14
2.2.12.1.	<i>Cargas vivas</i>	14
2.2.12.2.	<i>Cargas muertas</i>	14
2.2.13.	Resistencia mecánica	15
2.2.14.	Modelado 3D	15
2.2.15.	Simulación FEA	15
2.2.16.	Mallado	15
2.2.17.	Análisis estático	16
2.2.17.1.	<i>Análisis de esfuerzos lineales</i>	17
2.2.17.2.	<i>Análisis de deformaciones</i>	17
2.2.17.3.	<i>Análisis térmico</i>	17

CAPÍTULO III

3	MARCO METODOLÓGICO	18
3.1.	Obtención del modelo geométrico	18
3.1.1.	<i>Procedimiento</i>	21
3.2.	Soportes para el tren de potencia eléctrico	23
3.2.1.	<i>Caja de soporte para baterías</i>	23
3.2.2.	<i>Soporte del controlador</i>	25
3.3.	Diseño a analizar	28
3.4.	Procedimiento de análisis estático	29
3.4.1.	<i>Mallado del modelo</i>	31
3.4.2.	<i>Localización de las fuerzas actuantes sobre los elementos de soporte</i>	34

CAPÍTULO IV

4	RESULTADOS	39
4.1.	Comportamiento del chasis ante las cargas que soporta	39

	CONCLUSIONES	54
--	---------------------------	----

	RECOMENDACIONES	56
--	------------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1: Tolerancia de los equipos utilizados para la medición del chasis	21
Tabla 3-2: Peso de los elementos de soporte	30

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Identificación del ABS	5
Ilustración 2-2: Chasis de un vehículo Go-Kart	7
Ilustración 2-3: Tren electromotriz de un Go Kart	8
Ilustración 2-4: Funcionamiento de una batería plomo – ácido.....	9
Ilustración 2-5: Funcionamiento de una batería níquel – cadmio	10
Ilustración 2-6: Funcionamiento de una batería de ion – litio	11
Ilustración 2-7: Partes del motor eléctrico	12
Ilustración 2-8: Estator del motor y rotor del motor	13
Ilustración 2-9: Partes del motor eléctrico	13
Ilustración 2-10: Mallado sobre un elemento CAD.....	16
Ilustración 2-11: Análisis estático aplicado sobre un elemento CAD	17
Ilustración 3-1: Vista isométrica de un chasis original de Go-kart.....	18
Ilustración 3-2: Vista superior de un chasis original de Go-kart	19
Ilustración 3-3: Chasis original del Go-kart, vista lateral	19
Ilustración 3-4: Chasis original del Go-kart, vista frontal	20
Ilustración 3-5: Toma de medidas del chasis homologado	20
Ilustración 3-6: Calibrador Manual Stainless Hardened	21
Ilustración 3-7: Flexómetro metálico Top Assist.....	21
Ilustración 3-8: Modelo 3D digital del chasis homologado.....	22
Ilustración 3-9: Caja de soporte de la batería.....	23
Ilustración 3-10: Propiedades físicas de la caja de soporte de la batería	24
Ilustración 3-11: Propiedades físicas del chasis de soporte de la batería.....	24
Ilustración 3-12: Ubicación de los elementos del Go-kart según regulación de la norma.....	25
Ilustración 3-13: Kit de baterías montados sobre sus cajas y chasis del Go-kart	25
Ilustración 3-14: Soporte del controlador Kelly	26
Ilustración 3-15: Propiedades del soporte del controlador Kelly. Material ABS	26
Ilustración 3-16: Soporte trasero. Material A36	26
Ilustración 3-17: Soporte trasero montado sobre el chasis	27
Ilustración 3-18: Propiedades físicas del soporte trasero. Material A36	27
Ilustración 3-19: Propiedades físicas del chasis. Material: AISI 4140	28
Ilustración 3-20: Vista isométrica del ensamble de los soportes sobre el chasis.....	28
Ilustración 3-21: Vista lateral del ensamble de los soportes sobre el chasis.....	29
Ilustración 3-22: Vista posterior del ensamble de los soportes sobre el chasis	29
Ilustración 3-23: Vista isométrica del ensamble de los soportes sobre el chasis	29

Ilustración 3-24: Modelado 3D del chasis del Go-kart.....	30
Ilustración 3-25: Aplicación del mallado a la estructura del Go-kart.....	31
Ilustración 3-26: Mallado aplicado sobre los soportes del kit de baterías y chasis.....	32
Ilustración 3-27: Calidad de malla según el número de elementos.....	32
Ilustración 3-28: Preparación de la base del kit de baterías para el proceso de mallado	33
Ilustración 3-29: Mallado de tipo tetraédrico con un tamaño de 5mm.....	33
Ilustración 3-30: Colocación de cargas actuantes sobre el chasis	34
Ilustración 3-31: Fuerza remota aplicada sobre el interior del soporte posterior	34
Ilustración 3-32: Localización de las cargas sobre el soporte del controlador Kelly	35
Ilustración 3-33: Ubicación de las cargas auxiliares sobre el chasis	35
Ilustración 3-34: Colocación de cargas sobre la placa soporte del kit de baterías	36
Ilustración 3-35: Ubicación de los puntos fijos de la estructura del chasis	36
Ilustración 3-36: Impacto del chasis con una superficie perpendicular al plano de movimiento	37
Ilustración 3-37: Configuración previa al análisis de impacto	37
Ilustración 4-1: Deformación total del chasis.....	39
Ilustración 4-2: Vista lateral de la deformación en escala 0.5	40
Ilustración 4-3: Stress equivalente (Von Mises) sobre el chasis	40
Ilustración 4-4: Factor de seguridad para el chasis.....	41
Ilustración 4-5: Simulación dinámica del chasis con velocidad de 75 Km/h	41
Ilustración 4-6: Deformación total de la base de la batería	42
Ilustración 4-7: Estrés equivalente de la base de la batería	42
Ilustración 4-8: Factor de seguridad de la base de la batería.....	43
Ilustración 4-9: Deformación total del soporte del controlador.....	43
Ilustración 4-10: Esfuerzo máximo del soporte del controlador.....	44
Ilustración 4-11: Factor de seguridad del soporte del controlador	44
Ilustración 4-12: Deformación total del soporte del motor	45
Ilustración 4-13: Esfuerzo equivalente del soporte del motor	45
Ilustración 4-14: Factor de seguridad del soporte del motor	46
Ilustración 4-15: Prueba de impacto frontal para el chasis.....	46
Ilustración 4-16: Deformación total tras la prueba de impacto del karting	47
Ilustración 4-17: Deformación total del chasis tras un choque de impacto frontal	47
Ilustración 4-18: Deformación total del chasis tras impacto frontal (Vista isométrica)	48
Ilustración 4-19: Esfuerzo equivalente del chasis tras impacto frontal	48
Ilustración 4-20: Esfuerzo equivalente del chasis tras impacto frontal (Vista isométrica).....	49
Ilustración 4-21: Esfuerzo equivalente del chasis tras impacto frontal (Vista lateral)	49
Ilustración 4-22: Factor de seguridad del chasis tras impacto frontal (Vista lateral)	50
Ilustración 4-23: Factor de seguridad del chasis tras impacto frontal (Vista superior)	50

Ilustración 4-24: Factor de seguridad del chasis tras impacto frontal (Vista isométrica).....	51
Ilustración 4-25: Factor de seguridad del chasis tras impacto frontal (Vista isométrica).....	51
Ilustración 4-26: Resultados del impacto frontal del chasis	52
Ilustración 4-27: Energía interna generada al momento del impacto en un tiempo de $1e-3$ [s]	52

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: TECHNICAL REGULATIONS FOR ELECTRIC KARTS (E-KARTING), 2020

ANEXO B: PLANOS DE CONSTRUCCIÓN

RESUMEN

La carrera de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH no contaba con una categoría de Go-Kart eléctricos para la “Copa Karting Automotriz Inter-universidades”, situación que no aportaba al uso de tecnología y recursos energéticos renovables. Por ello el objetivo de este proyecto fue diseñar los soportes para la implementación de un tren de potencia eléctrico sobre un chasis de karting homologado bajo la norma CIK-FIA 30/CA/14 y su análisis estructural mediante elementos finitos. La metodología utilizada fue de tipo bibliográfica experimental; bibliográfica pues el respaldo teórico se obtuvo de diversas fuentes de consulta físicas y digitales; se consideró experimental pues el diseño de estos soportes se basó en la prueba y error en el modelado digital como en la simulación por elementos finitos, para cumplir con los objetivos planteados las mediciones del modelo físico del chasis fueron fundamentales, pues se inició el proyecto con la etapa de modelado 3D y proceso de simulación que generó diferentes escenarios para el análisis de esfuerzos, deformación, impacto frontal y factor de seguridad para cada uno de los elementos. La simulación estática reveló los esfuerzos máximos a los que se sometió cada elemento; dónde, el chasis soportó 41.472 MPa, el soporte del controlador 26.681 MPa y el soporte del motor alcanzó un valor de 126.01 MPa, valores dentro del rango admisible considerando un esfuerzo máximo de 650 MPa. También se encontraron los valores de deformación máxima con 1.0319 mm en el chasis siendo el elemento que mayor deformación sufrió, el soporte de las baterías 0.118 mm y 0.9325 mm para el soporte del controlador. El factor de seguridad oscila entre 3.96 a 15 a través de la estructura, lo que demuestra que los elementos analizados cumplieron con los requerimientos establecidos por la norma de la FIA/CIK sin afectar su integridad.

Palabras clave: <KARTING> <GO KART ELÉCTRICO> <CHASIS HOMOLOGADO> <TREN DE POTENCIA> <KIT DE BATERIAS> <ANÁLISIS FINITO DE ELEMENTOS>.

1344-DBRA-UPT-2023



SUMMARY

The ESPOCH Automotive Engineering career did not have an electric Go-Kart category for the "Inter-university Automotive Karting Cup". This situation did not contribute to the use of technology and renewable energy resources. Therefore, the objective of this project was to design the supports for the implementation of an electric power train on a karting chassis approved under the CIK-FIA 30/CA/14 standard and its structural analysis using finite elements. The methodology used was of an experimental bibliographical type; bibliographical since the theoretical support was obtained from various physical and digital sources of consultation; It was considered experimental since the design of these supports was based on trial and error in digital modeling as well as in finite element simulation, to meet the objectives set, the measurements of the physical model of the chassis were essential, since the project began with the 3D modeling stage and simulation process that generated different scenarios for the stress analysis, deformation, frontal impact and safety factor for each of the elements. The static simulation revealed the maximum efforts to which each element was subjected, where the chassis supported 41.472 MPa, the controller support 26.681 MPa and the engine support reached a value of 126.01 MPa, values within the admissible range considering a maximum effort. of 650 MPa. The maximum deformation values were also found with 1.0319 mm in the chassis being the element that suffered the greatest deformation, the battery support 0.118 mm and 0.9325 mm for the controller support. The safety factor ranges from 3.96 to 15 throughout the structure, which shows that the elements analyzed met the requirements established by the FIA/CIK standard without affecting its integrity.

Keywords: <KARTING> > <ELECTRIC GO KART> <APPROVED CHASSIS> <POWER TRAIN>
<BATTERY KIT> <FINITE ELEMENT ANALYSIS>



Lic. Sandra Paulina Porras Pumalema Mgs

C.I. 0603357062

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

En 1951 aparece el primer kart de la historia, en una base área estadounidense a partir de los restos de un avión fuera de servicio y el motor de una cortadora de césped, por lo que los primeros karts eran vehículos rudimentarios con velocidades inferiores a los 50 Km/h. Este singular deporte despertó el interés de muchos, siendo Art Ingels y Lou Borelli en 1956, los creadores del primer kart motorizado de la historia al combinar un motor McCulloch con un chasis ligeramente separado del pavimento, inspirado en los autos de carreras de la época. Poco a poco, este deporte fue sumando adeptos quienes carecían de conocimientos técnicos y generando una gran demanda, así que, en 1957, Livingston, Desbrow y Bill Rowles crean la empresa *Go Kart Manufacturing Co.* en Monrovia, California para satisfacer esta creciente necesidad (KARTING SALOU, 2019).

Las corrientes ambientalistas, han generado eco en todo tipo de industria, enfocados en la transición energética. La industria automotriz no ha sido la excepción, buscando sustituir la tecnología basada en la quema de fósiles por energías limpias, procurando una mayor eficiencia energética en los procesos industriales. El karting al ser parte de esta industria ha ido introduciendo paulatinamente en sus competencias karts eléctricos, en un inicio no existía una categoría específica para estos vehículos, sin embargo, en Alemania en el año 2018, nace el German Electric Kart Championship (DEKM) o Campeonato Alemán de Kart Eléctrico, dentro del Campeonato Alemán de Kart (CURVA1KART, 2017).

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en conjunto con la Facultad Mecánica y la escuela de Ingeniería Automotriz ha realizado múltiples competencias de karting en diferentes categorías desde el año 2016, en la “Copa Karting Automotriz Inter-universidades”. Sin embargo, nunca ha existido una categoría que considere vehículos karting con motor eléctrico, acontecimiento que tampoco se consideró en la sexta edición de esta competencia, que se realizó en mayo de 2022. Dado el interés de la carrera de Ingeniería Automotriz de integrar esta nueva e innovadora categoría, nace la necesidad de modificar un chasis homologado que permita adaptar elementos del de tren de potencia eléctrico para la construcción de vehículos karting eléctricos que cumplan con las exigencias reglamentarias nacionales e internacionales.

1.2. Planteamiento del problema

En la última década, el desarrollo tecnológico en el marco de los vehículos eléctricos se ha introducido en Ecuador de manera exponencial. Sin embargo, la información referente al diseño

y construcción del chasis para vehículos karting eléctricos es escasa y la documentación existente pasa por alto criterios de diseño, normativas de aprobación vigentes, ergonomía y análisis estructural asistido por computador (CAE).

Actualmente, en la región no se ha encontrado información netamente relacionada con el diseño del chasis para un kart 100% eléctrico, que esté acorde a las normas de la CIK-FIA. El karting es un deporte parte del automovilismo que día a día va a captando más fanáticos, quienes han mostrado mayor interés en las consecuencias ambientales a causa del uso de combustibles fósiles, por lo que se ha buscado alternativas amigables en las competencias, siendo así, que se ha visto la necesidad de crear una categoría netamente eléctrica. Por tal motivo, la carrera de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH, busca implementar esta nueva categoría en la “Copa Karting Automotriz Inter-universidades”.

1.3. Justificación

El desarrollo de esta investigación busca modificar en medida de las posibilidades un chasis homologado que cumpliendo con la norma CIK – FIA 30/CA/14 facilite la construcción de un vehículo karting eléctrico. El prototipo debe ser funcional y generar un aporte útil para la ingeniería automotriz potenciando el área del diseño, construcción y tecnificación de los vehículos karting.

Es así como esta investigación deja un precedente para la inclusión de esta categoría de karting eléctrico en futuras competencias automovilísticas organizadas por la ESPOCH aportando de manera eficiente y responsable con la conservación del medio ambiente y la utilización de energías limpias y renovables que en la actualidad son necesarias para reducir los altos índices de contaminación que genera la combustión de combustibles derivados de petróleo.

Este trabajo aporta con información documentada relevante para la escuela de ingeniería automotriz y sus futuros trabajos de investigación.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Diseñar los soportes para la implementación de un tren de potencia eléctrico y baterías sobre un chasis de karting homologado bajo la norma CIK – FIA 30/CA/14 y analizar mediante ingeniería asistida por computador.

1.4.2. Objetivos específicos

- Obtener referencias bibliográficas de Go-kart eléctricos, basados en artículos científicos, libros y tesis para establecer conceptos que faciliten el diseño de los soportes.
- Modelar el chasis homologado utilizando software CAD 3D en escala 1:1 para utilizarlo como modelo de base para modificación y análisis.
- Obtener las dimensiones y geometría de los elementos del tren de potencia eléctrico y baterías para futuras implementaciones.
- Modelar los soportes ajustables del conjunto de tren de potencia eléctrico utilizando software CAD 3D para montarlos sobre el chasis.
- Realizar el análisis estático y de impacto por elementos finitos utilizando la suite de Simulación de ANSYS para conocer el comportamiento de los soportes montados sobre el chasis homologado frente a las cargas estáticas.
- Obtener los planos de construcción de los soportes del tren de potencia y baterías del Go-kart.

CAPÍTULO II

2 REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Estado del arte

Es necesario recordar que los Go-karts eléctricos, los de combustión interna y los híbridos comparten varios de sus componentes básicos, por tal razón la FIA y las diferentes comisiones encargadas han buscado la manera de desarrollar reglamentos con fundamentos técnicos similares para estos, sin embargo, una categoría para competencia de Go-karts 100% es relativamente nueva en el mundo automovilístico.

El trabajo titulado “DESIGN AND ANALYSIS OF AN ELECTRIC KART”, presentado por Kumar (2015), se considera fundamental la selección de materiales y dimensiones para el chasis y demás componentes, bajo los parámetros de peso del vehículo, los componentes y seguridad. Este trabajo presenta un análisis mediante el método de elementos finitos, para evitar comprometer el sistema de dirección, frenado, el tren de potencia y la transmisión mecánica, todo esto empleando los principios básicos de un automóvil.

El trabajo “Design and Analysis of Electric Go-Kart Chassis”, de Sahu (2020), presenta el diseño y análisis del chasis de un go-kart de competencia enfocado en la eficiencia de los vehículos de competencia en función al consumo de combustibles, y las ventajas ambientales que presentan los motores eléctricos. Destaca la importancia del correcto diseño de los chasis en todo tipo de vehículos para garantizar rendimiento, velocidad y seguridad del ocupante. Los análisis realizados mediante ANSYS, corroboran que las condiciones (materiales y geometría) modeladas cumplen con los requerimientos de este tipo de vehículos.

En el trabajo planteado por Vila (2016) se consideran distintas alternativas de propulsión, centrándose en los sistemas de generación eléctrica, de acuerdo con el tipo de motor y mediante el uso de baterías y la eficiencia de las mismas según los materiales de los que estas están hechas. La propuesta se basa en los componentes y la autonomía de los Go-karts al presentar un sistema eléctrico, la eficiencia que se obtiene (80%-85%) al transformar energía eléctrica a mecánica, y el beneficio ambiental al suprimir por completo el uso de motores de combustión interna dentro de los Go-karts. Este trabajo considera las características y condiciones establecidas por la FIA para el diseño, como: peso, velocidad, aceleración y autonomía. Se aplica modelado de los componentes para la validación de los mismos.

En Ecuador, se tiene como referencia el trabajo de titulación realizado por Loachim (2021) donde se considera fundamentalmente la contaminación producida por los vehículos con motores que funcionan a partir de la quema de hidrocarburos, planteado como alternativa el diseño de un Go-kart enfocado en energías limpias, este trabajo presenta los parámetros y elementos necesarios

para implementar un sistema de tren de potencia eléctrico y su transmisión. El karting es una disciplina que día a día ha ido creciendo dentro del automovilismo, al utilizar vehículos eléctrico o híbridos se busca contribuir con el medio ambiente y a la vez mejorar aspectos técnicos como la potencia de salida y reducción de costos para ser una alternativa de producción en serie.

La mayor parte de estudios revisados se centran en el diseño e implementación del tren de potencia eléctrico y baterías, no en las modificaciones del chasis o las consideraciones de la normativa de la CIK-FIA para la adaptación de estos elementos.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. ABS

El ABS es considerado como el plástico de la ingeniería, es un material termoplástico de elaboración y procesamiento complejo usado generalmente para aplicaciones de moldeo por inyección, adicionalmente es un terpolímero amorfo conformado por tres monómeros: acrilonitrilo, butadieno y estireno (ABS). La combinación de estos polímeros proporciona a este material: ligereza, rigidez, dureza, tenacidad, buena maquinabilidad, resistencia mecánica, resistencia a los ataques químicos y a las variaciones de temperatura (ENSIGNER, 2022).

La proporción empleada en cada uno de sus componentes puede producir diversos tipos de ABS, con propiedades específicas para cada una de las combinaciones.

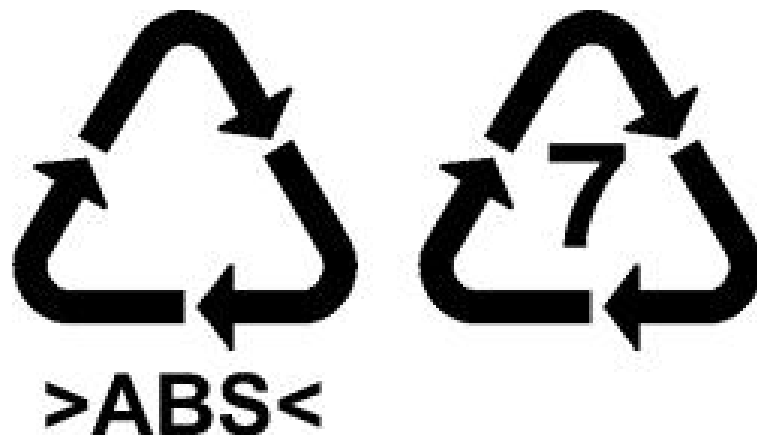


Ilustración 2-1: Identificación del ABS

Fuente: (ENSIGNER, 2022)

2.2.2. Go-kart eléctrico

Es un vehículo de características similares a un Go-kart tradicional que reemplaza el motor de combustión interna por un motor eléctrico.

Hmong (2022) menciona que algunas de las ventajas que un vehículo Go-kart eléctrico presenta frente a su similar de motor de combustión interna son las siguientes:

- Mejora en la aceleración y la velocidad alcanzada que resulta suficiente para el rango requerido en este tipo de competencias.
- El par motor generado por un motor eléctrico suele ser más eficiente que el que genera un motor de combustión interna.
- Su mantenimiento no es tan exigente siendo la mayor prioridad el conectar el sistema de baterías a un cargador eléctrico después de la competencia para recargarlas.
- Los niveles de contaminación se reducen considerablemente al no emitir residuos de la combustión de carbono.
- Son vehículos más seguros al no llevar depósitos de combustible que son propensos a inflamarse en caso de accidentes.

Entre algunas de las desventajas que un vehículo Go-kart presenta se pueden mencionar:

- Los costos de operación y mantenimiento son mayores por el valor de mercado de los motores y baterías eléctricas especialmente si estas son de litio.
- Si el sistema de baterías opera con baterías de plomo la eficiencia se ve comprometida además de tener una menor autonomía energética lo que hace que vehículos con este tipo de batería no sea el más adecuado para carreras de carácter más exigente.

2.2.3. Chasis

Conocido también como bastidor es el núcleo estructural del vehículo que cumple la función de sustentar los elementos que se unen a él, tal como los ejes, ruedas, motor, la carrocería, etc. Su estructura está compuesta por tubos de acero soldados entre sí, con la finalidad de formar una estructura rígida.

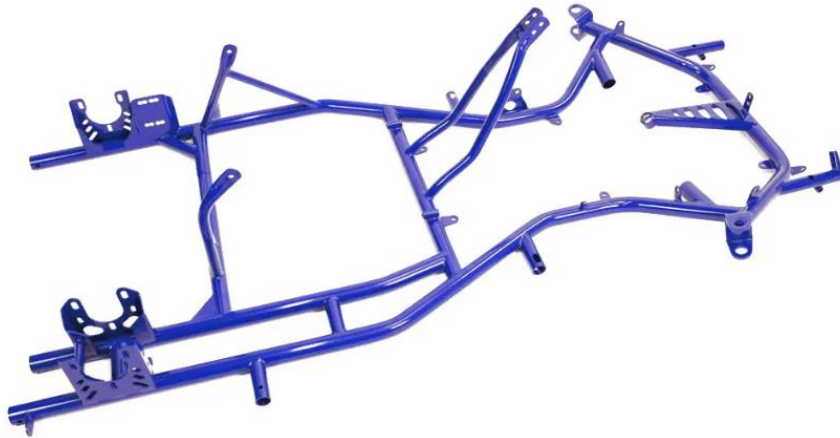


Ilustración 2-2: Chasis de un vehículo Go-Kart

Fuente: (TONGBAO, 2022)

Dada la función que el chasis debe cumplir, es necesario que su diseño se encuentre orientado a soportar las cargas y absorber los esfuerzos generados sobre este elemento estructural, otorgando una sujeción adecuada a cada uno de los elementos con los que se encuentre conectado para evitar que estos tiendan a desplazarse (MOTORES, 2022).

El chasis debe tener una altura adecuada puesto que de ella depende la localización del centro de gravedad del Go-kart y el reajuste en la ubicación de los elementos sujetos a él para un correcto reparto de la masa global del vehículo. Generalmente esta altura es baja y es la misma en ambos lados del vehículo.

2.2.4. Chasis homologado

Para que un chasis sea considerado como homologado debe pasar someterse a distintas pruebas mecánicas que validen su eficiencia al cumplir ciertos requerimientos como:

- a) Resistencia a la fatiga para evitar que el material de la estructura llegue a fallar con el tiempo.
- b) Rigidez para soportar altos esfuerzos sin que la estructura llegue a deformarse al carecer de un sistema de suspensión
- c) Ligereza para que el vehículo posea facilidad y agilidad al momento de desplazarse sin generar mayor esfuerzo al motor.
- d) Equilibrio para que el vehículo pueda apoyarse sobre sus 4 ruedas en una superficie completamente plana sin tambalear.
- e) Simetría para que el chasis mantenga la misma distancia de separación entre los ejes de las ruedas tras soportar cargas que puedan someterlo a flexión.

En adición se puede mencionar que una menor rigidez de la estructura la hace más propensa a flexionarse, reduce el deslizamiento y proporciona más agarre mientras que una mayor rigidez

del chasis disminuye la capacidad de flexión de la estructura reduciendo el agarre del vehículo sobre el pavimento (SALAZAR GÓMEZ, 2018).

En la actualidad se opta por un chasis blando que tenga capacidad de flexión compensando el factor rigidez con la instalación de barras estabilizadoras.

2.2.5. Tren de potencia eléctrico

Es el sistema de componentes por el que recorre la energía de un vehículo desde que ingresa al motor hasta que es convertida en energía mecánica para ser transmitida a sus ejes motrices. (HYE, 2021)



Ilustración 2-3: Tren electromotriz de un Go Kart

Fuente: (HYE, 2021)

Un tren de potencia convencional está formado por los siguientes componentes:

- Sistema de carga
- Batería y Sistema de Gestión de Baterías
- Transformador de corriente AC/DC y DC/AC
- Motor eléctrico
- Sistema de transmisión

2.2.6. Sistema de carga

Los automóviles eléctricos e híbridos, cuentan con un sistema de carga que se encarga de suministrar corriente eléctrica a los sistemas y componentes que lo requieren durante la marcha del vehículo, el flujo de corriente recarga la batería, transformando energía mecánica en energía eléctrica. Esto representa una reducción en los niveles de CO₂ (AUTOFÁCIL, 2022).

2.2.7. Baterías

Componente encargado de alimentar de energía al motor del Go-kart puede ser de varios tipos:

- Baterías de Níquel-Hidruro Metálico
- Baterías de ácido – plomo
- Baterías de níquel – hierro
- Baterías de níquel – cadmio
- Baterías de iones de Litio
- Baterías de polímero de Litio

Las baterías de plomo – ácido (Ver Ilustración 2-4) son las más antiguas y utilizada en vehículos tradicionales con un voltaje entre 6 y 12 voltios.

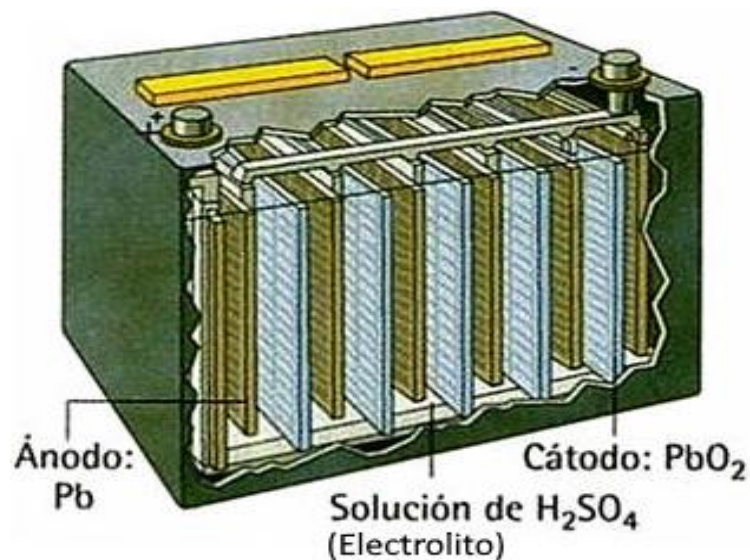


Ilustración 2-4: Funcionamiento de una batería plomo – ácido

Fuente: (VTBATTERIES, 2021)

Generan una autonomía de unos 100 Km, de bajo costo y buena respuesta en ambiente frío.

- Son pesadas y el plomo que poseen resulta tóxico al ser manipulado.
- Su capacidad de recarga es lenta.
- Su ciclo de vida es limitado y se encuentra entre los 500 y 800 ciclos de carga y descarga.
- Su densidad energética oscila entre 30 a 40 Wh/kg.
- Necesita que su mantenimiento sea periódico.

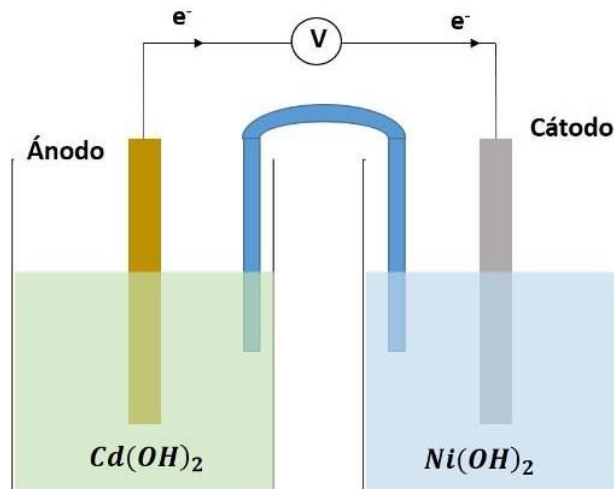


Ilustración 2-5: Funcionamiento de una batería níquel – cadmio

Fuente: (HIVE BLOG, 2020)

Las baterías de níquel – cadmio (Ver Ilustración 2-5) son de uso común en la industria automovilística sin embargo su costo es elevado y el efecto de memoria que poseen no las hace una buena opción para vehículos eléctricos.

Son más fiables al no fallar de manera repentina como ocurre con sus similares de plomo-ácido, además que existe reciclaje para la totalidad de sus partes.

- El costo de adquisición es elevado
- Poseen efecto de memoria y son contaminantes.
- Cuando están sometidas al calor tienen a sufrir un desgaste prematuro.
- Su ciclo de vida está comprendido entre 1500 a 2000 cargas y descargas.
- Su densidad energética oscila entre 40 a 60 Wh/kg
- Requiere un cuidado especial, aunque menor que las baterías de plomo – ácido.

Las baterías de níquel - hidruro metálico son bastante utilizadas en vehículos de carácter híbrido. Poseen un efecto de memoria reducido en relación con las baterías níquel – cadmio. Así también eliminan de su sistema el cadmio que es un elemento contaminante.

- Presentan menor fiabilidad que una batería níquel – cadmio
- Altamente susceptibles al soportar fuertes descargas y elevadas temperaturas.
- No soportan corrientes de carga altas.
- Su ciclo de vida está comprendido entre 300 a 500 ciclos de carga dependiendo del fabricante.
- La densidad energética oscila entre 30 – 80 Wh/kg
- Requieren un alto mantenimiento.

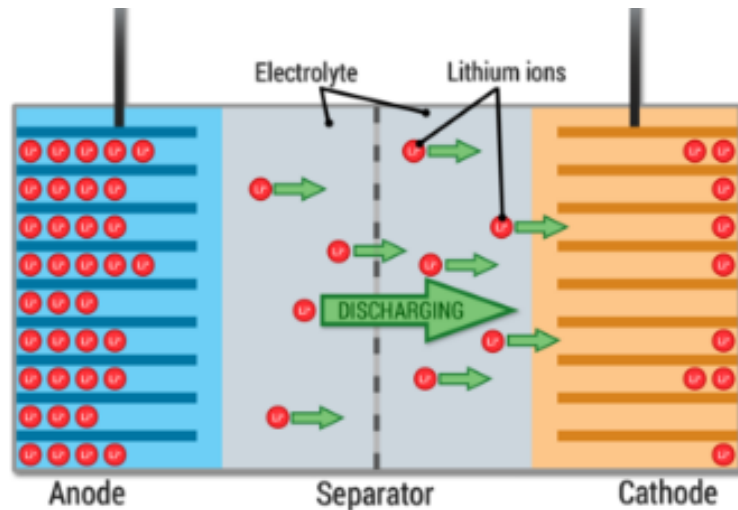


Ilustración 2-6: Funcionamiento de una batería de ion – litio

Fuente: (VTBATTERIES, 2021)

- Sus costos de producción son altos
- Son componentes frágiles y necesitan de un circuito que les brinde seguridad.
- Deben ser almacenadas con cautela.
- Su ciclo de vida está comprendido entre 400 y 1200 cargas y descargas.
- Su densidad energética oscila entre 100 – 250 Wh/Kg
- No requieren de mantenimiento

Las baterías de polímero de Litio presentan una mayor densidad energética y potencia que las demás baterías.

- Son ligeras más eficientes y no presentan efecto memoria.
- Su costo de adquisición es alto y su ciclo de vida relativamente corto.
- Su ciclo de vida es inferior a los 1000 ciclos de carga y descarga.
- Su densidad energética está en los 300 Wh/Kg
- No requiere mantenimiento.

En general una batería moderna ofrece unos 3000 ciclos de recarga lo que significan unos 160000 a 200000 kilómetros de recorrido (RACE, 2022).

2.2.8. Transformador de corriente AC/DC y DC/AC

Los transformadores eléctricos son máquinas estáticas que permiten la conversión de la corriente basados en la inducción electromagnética, transformando la energía de corriente alterna (AC) a energía de corriente directa (DC) y viceversa, de corriente directa (DC) a corriente alterna (AC).

Los compuestos principales de los transformadores son el núcleo y los devanadores. Suelen ser llamados onduladores, de alto rendimiento de transformación y elevación de corriente (PALCO Electrónica, 2022).

2.2.9. Motor eléctrico

Máquina eléctrica cuya función es transformar la energía eléctrica en energía mecánica de rotación por interacciones electromagnéticas. Los motores eléctricos reversibles o generadores transforman la energía mecánica en energía eléctrica.

El funcionamiento de este tipo de motores puede ser por baterías (corriente continua DC) o suministro eléctrico (corriente alterna), la potencia de salida mecánica está en función del torque y la velocidad, están constituidos por dos por una parte móvil llamada rotor y una estática llamada estator, estos elementos se encuentran cubiertos por la carcasa, la cual cuenta con aletas de enfriamiento. El espacio uniforme entre el rotor y el estator es el entrehierro, otros elementos son: ventilador, caja de conexiones, base, tapas, placa de datos y rodamientos, como se muestra en la Ilustración 2-7.

El rotor constituye la parte móvil, que gira a gran velocidad apoyado en los cojinetes de rodamiento., las RPM son inversamente proporcionales a la cantidad de polos magnéticos del estator. El estator se encuentra en los elementos magnéticos del motor (polos magnéticos) y una bobina de cobre (INGENIATIC, 2022).

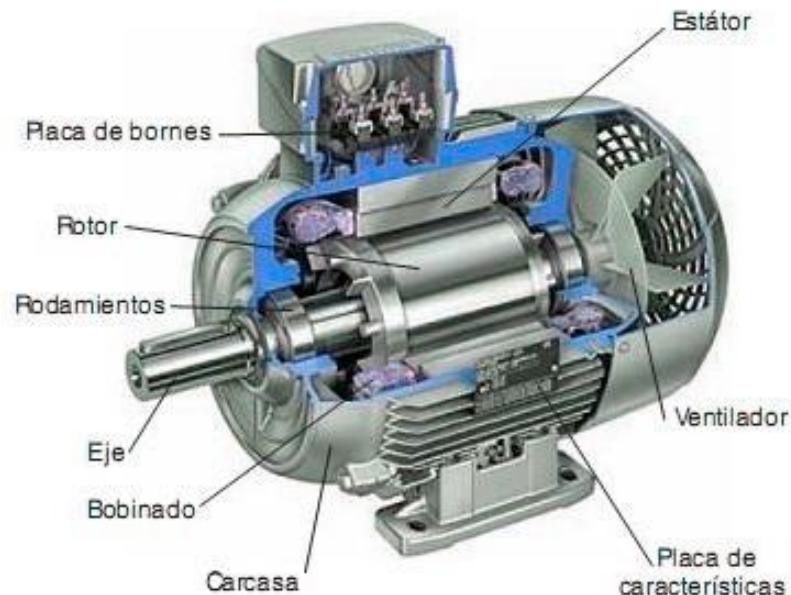


Ilustración 2-7: Partes del motor eléctrico

Fuente: (BUN-CA, 2022)

2.2.9.1. Partes del motor

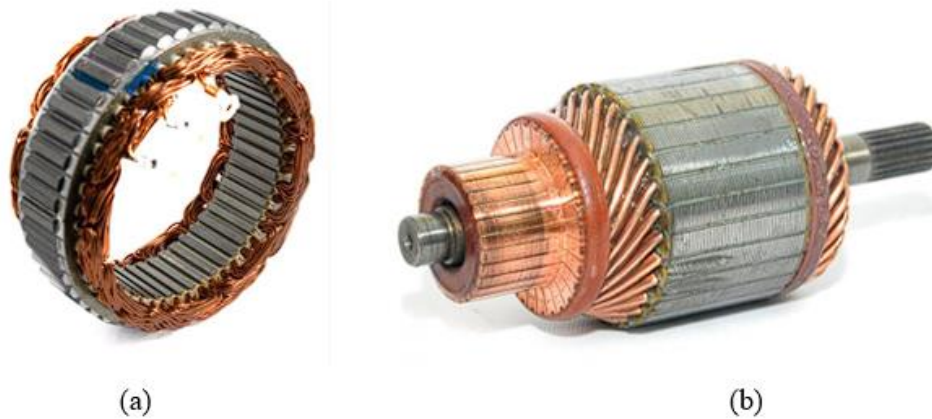


Ilustración 2-8: Estator del motor y rotor del motor

Fuente: (BUN-CA, 2022)

2.2.9.2. Tipos de motores eléctricos

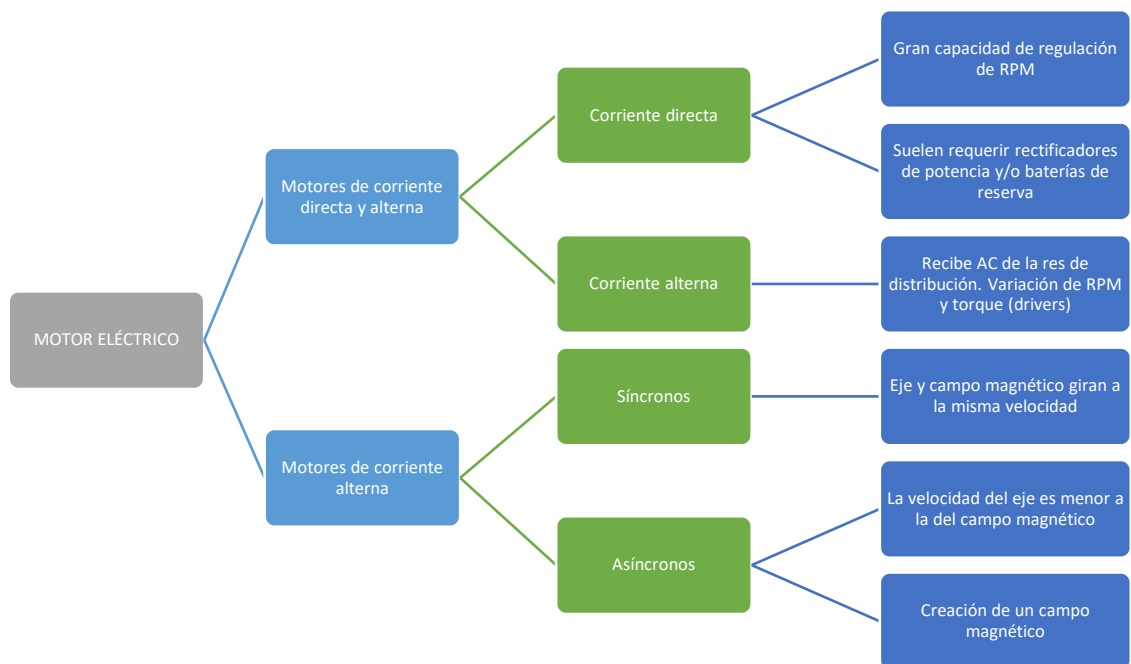


Ilustración 2-9: Partes del motor eléctrico

Fuente: (BUN-CA, 2022)

2.2.10. Sistema de transmisión

Conjunto de elementos encargados que transmiten la potencia producida en el motor a las ruedas para generar su desplazamiento, este sistema se encarga de transformar la energía térmica en mecánica, mediante la adaptación del par del motor a las necesidades y condiciones de marcha. Está constituido por la caja de cambio de velocidades, embrague, árbol de transmisión, diferencial, semieje (DERCO CENTER, 2022).

2.2.11. Normativa de homologación CIK – FIA

El diseño de los soportes en el chasis se rige a la normativa de homologación CIK-FIA, en la cual se especifica las características de los componentes a emplearse en el Go-kart según su categoría de competición, cabe resaltar que no existe un reglamento específico para los Go-kart 100% eléctricos.

El reglamento técnico de karting (RÈGLEMENT TECHNIQUE DE KARTING o KARTING TECHNICAL REGULATIONS) considera los parámetros de homologación según las categorías y grupos de competición dados por el cilindraje de los monoplazas, incluye los conceptos generales del karting, chasis, materiales, elementos y motor, las regulaciones generales a las modificaciones que pueden ser aplicadas en el chasis, en sus partes auxiliares y motor de los vehículos.

2.2.12. Cargas

Son las fuerzas actuantes sobre una estructura. Estas pueden permanecer constantes o ir variando su magnitud en el transcurso del tiempo.

2.2.12.1. Cargas vivas

Son cargas gravitacionales provocadas por el uso que se le dé a la estructura. Estas se presentan de manera temporal y pueden variar en su intensidad y localización sobre la estructura, por ejemplo, el peso del piloto puede ser considerado como una carga viva.

Al ser de tipo gravitacional no se consideran como cargas vivas a los sismos, fuerza del viento, cargas ambientales como la lluvia (E-CONSTRUIR, 2020).

2.2.12.2. Cargas muertas

Son de tipo gravitacional permanente y suelen ser constantes puesto que son cargas generadas por los elementos que están en contacto permanente con la estructura metálica.

En este caso se pueden considerar como cargas muertas las fuerzas ejercidas por el peso de la carrocería, el motor, tren de potencia y demás elementos conectados al chasis (E-CONSTRUIR, 2020).

2.2.13. Resistencia mecánica

Hace referencia a la capacidad que posee un cuerpo para resistir las fuerzas que se aplican sobre él sin que llegue a fallar. La resistencia mecánica de un cuerpo se encuentra en dependencia directa con las propiedades del material y la geometría que este posea.

Para evaluar la resistencia de un cuerpo se utiliza el factor de seguridad.

2.2.14. Modelado 3D

Consiste en el uso de software especializado que permite representar digitalmente un modelo real considerando sus dimensiones de ancho, largo y profundidad.

Un modelo digital 3D resulta de mucha ayuda especialmente cuando se requiere cambiar la distribución de sus elementos o realizar diferentes pruebas sobre un elemento en específico ya que con ello se evita la necesidad de contar con varios modelos reales a ser testeados optimizando recursos de tiempo, dinero y material.

2.2.15. Simulación FEA

Conocida como Finite Elements Analysis por sus siglas en inglés, la simulación por elementos finitos consiste en subdividir la geometría del elemento a analizar en un número finito de partes más pequeñas (dominio del problema) sobre las cuales se realizarán cálculos individuales. El método consiste en que un número infinito de variables que se desconocen sean reemplazadas por un número finito de elementos que tengan definido su comportamiento. Los resultados obtenidos en cada región convergen para hallar una solución global para el elemento en análisis.

2.2.16. Mallado

Se conoce como malla al conjunto de divisiones generadas sobre la geometría del elemento, mismas que pueden adoptar diferentes formas (triangular, cuadrangular, etc.) Cada elemento de la malla se encuentra interconectado por puntos comunes conocidos como nodos. La exactitud de la solución del análisis depende del número de divisiones que tenga la malla. Un mayor número de subdivisiones permitirá obtener un resultado más exacto aumentando también el gasto computacional del procesador del computador (ESSS, 2020).

La Ilustración 2-10 muestra el mallado de forma triangular aplicado sobre un elemento 3D. El grosor de esta malla se lo puede asignar manualmente en el software.

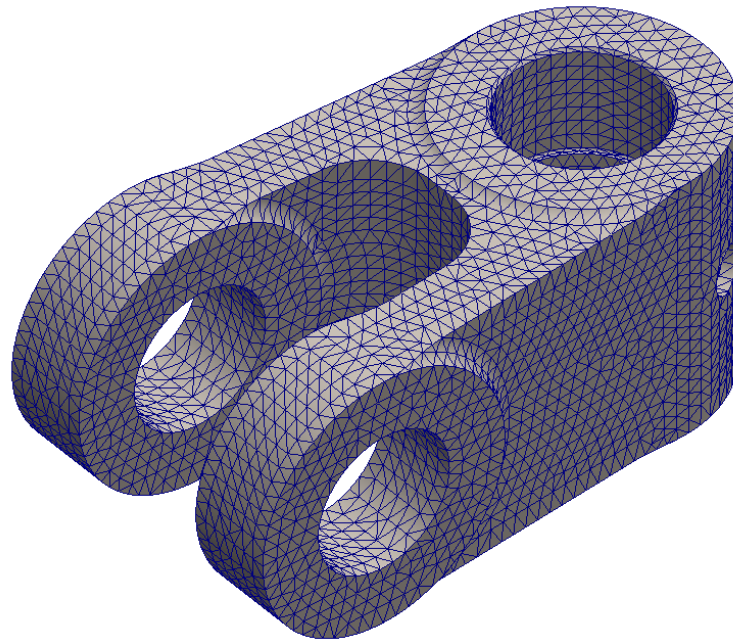


Ilustración 2-10: Mallado sobre un elemento CAD

Fuente: (ENGINEERS RULE, 2020)

2.2.17. Análisis estático

Es un análisis computacional realizado sobre un elemento que permite determinar el comportamiento que este presenta frente a ciertas condiciones a las que se encuentra sometido como las cargas constantes que actúan sobre la estructura.

Este tipo de análisis también puede considerar cargas que varíen su valor en el transcurso del tiempo como por ejemplo las cargas producidas por el viento.

Entre los análisis estáticos más conocidos se pueden mencionar:

- Análisis de esfuerzos lineales
- Análisis de deformaciones
- Análisis térmico

La Ilustración 2-11 permite observar el análisis estático realizado sobre un elemento CAD. La diferencia de colores permite distinguir el comportamiento de un fenómeno a lo largo de su superficie.

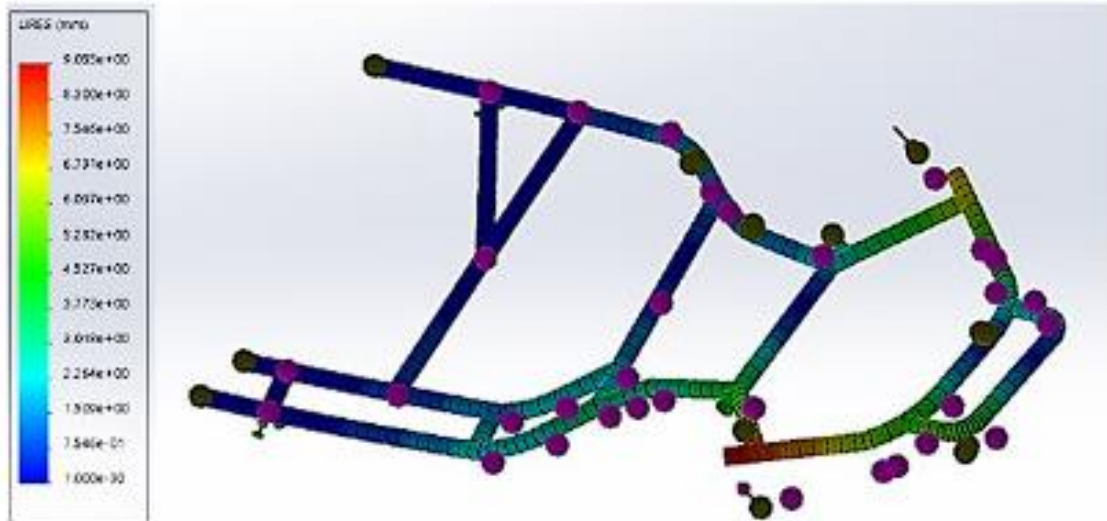


Ilustración 2-11: Análisis estático aplicado sobre un elemento CAD

Fuente: (Orellana et al., 2019)

2.2.17.1. *Análisis de esfuerzos lineales*

Permite evaluar el desempeño, la seguridad y la calidad de un elemento. En él se calculan esfuerzos y desplazamientos como respuesta a los efectos de las fuerzas, presiones, temperatura sobre la pieza en análisis.

2.2.17.2. *Análisis de deformaciones*

De comportamiento similar al análisis de esfuerzos lineales se consideran los cambios generados sobre la geometría del elemento en función a las cargas soportadas por el elemento.

2.2.17.3. *Análisis térmico*

Este análisis permite conocer el comportamiento del elemento en estudio frente a los cambios de temperatura y determinar si este se deforma o no.

En sí estos análisis permiten determinar ciertas propiedades del elemento como la dureza, compresión, tracción, cizalla, pandeo.

CAPÍTULO III

3 MARCO METODOLÓGICO

Este capítulo contempla el procedimiento de la investigación recogiendo la información necesaria y realizando la verificación de distintos parámetros a usarse para realizar la simulación por elementos finitos. Se ha obtenido el modelo geométrico del chasis del Go kart y modelado los elementos de acople necesarios para adaptar el sistema de potencia eléctrico sobre dicho chasis. La Norma *Technical Regulations for Electric Karts (E-Karting)* del año 2020 establece en sus artículos 2.3, 2.4, 2.5 y 4.4 las características, dimensiones y pesos del chasis y elementos, así como también la disposición del kit de baterías, del motor eléctrico, tren de potencia y demás elementos auxiliares en los Go karts eléctricos (FIA Karting, 2022).

3.1. Obtención del modelo geométrico

Para obtener el modelo 3D del chasis se ha conseguido en el mercado el chasis original del Go kart, mismo que ha servido como base para la extracción de información relevante para este proyecto. El chasis utilizado para este proyecto está aprobado.

A continuación, la Ilustración 3-1, Ilustración 3-2, Ilustración 3-3 e Ilustración 3-4 presentan las cuatro vistas principales del chasis adquirido para el proyecto.



Ilustración 3-1: Vista isométrica de un chasis original de Go-kart

Realizado por: Mejía Kamila, 2023



Ilustración 3-2: Vista superior de un chasis original de Go-kart

Realizado por: Mejía Kamila, 2023



Ilustración 3-3: Chasis original del Go-kart, vista lateral

Realizado por: Mejía Kamila, 2023



Ilustración 3-4: Chasis original del Go-kart, vista frontal

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

El chasis adquirido está homologado y cumple con la normativa, para lo cual se adjunta las dimensiones del chasis y las dimensiones referenciales de la norma.



Ilustración 3-5: Toma de medidas del chasis homologado

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

Después de examinar y medir a detalle cada uno de las partes estructurales que conforman el chasis se usa esta información para trasladarla hasta el software de modelado 3D ANSYS que ha permitido digitalizar el modelo.

Los instrumentos utilizados para la obtención de medidas se detallan a continuación en la Tabla 3-1.

Tabla 3-1: Tolerancia de los equipos utilizados para la medición del chasis

INSTRUMENTO	TOLERANCIA
Calibrador Manual Stainless Hardened	± 0.08 mm
Flexómetro metálico Top Assist	± 0.5 mm

Realizado por: Mejía Kamila, 2023



Ilustración 3-6: Calibrador Manual Stainless Hardened

Realizado por: Mejía Kamila, 2023



Ilustración 3-7: Flexómetro metálico Top Assist

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

3.1.1. Procedimiento

Calibrador:

Observar la escala y precisión del instrumento, desenroscar el tornillo antes de iniciar, girar en sentido horario para ajustarlo, y en sentido anti horario deja la parte móvil con mayor libertad de movimiento. La marca del 0 del nonio marca el valor en milímetros completos en la regla, después

observar la única marca del nonio que coincide de manera exacta con la marca de la regla, este valor secundario debe ser sumado al anterior para tener el valor total de la medición.

Cinta métrica:

Para tomar las medidas con el flexómetro se coloca la espiga en el lugar donde se inicia la superficie que va a medirse. Extender la cinta hasta llegar al punto final, colocar el seguro y tomar la medida en el punto más cercano a la carcasa.

Simulación:

La digitalización del elemento se realiza tomando medidas de manera manual, para posteriormente trasladar la información al software de modelado 3D, respetando las medidas y tolerancias obtenidas. Una vez digitalizado el modelo 3D del elemento mediante el proceso de modelado manual, se establece el software CAD ANSYS para realizar el análisis de las cargas expuestas en sus respectivas ubicaciones. Determinar las cargas ejercidas a analizar sobre el chasis, baterías, controlador y motor eléctrico, elementos que conforman la parte más importante del tren de potencia eléctrico. Se procede a realizar el análisis sobre la estructura de un chasis completo y sobre las secciones que lo componen.



Ilustración 3-8: Modelo 3D digital del chasis homologado

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

Se establece el módulo *Static Structural*, con la finalidad de realizar el tipo de análisis requerido para obtener los resultados buscados. Al abrir el interfaz y el modelo, se ubica de manera ordenada las condiciones de frontera y parámetros de simulación requeridos (tipo de material, coordenadas, tipo y calidad de mallado, puntos fijos, fuerzas), e información relevante y técnica de los elementos a analizar. El programa muestra los resultados de deformación, esfuerzos y factor de seguridad.

3.2. Soportes para el tren de potencia eléctrico

Los soportes han sido modelados respetando las normas respectivas y optimizando sus pesos seleccionando un material adecuado que otorgue resistencia y ligereza.

3.2.1. Caja de soporte para baterías

La batería es uno de los elementos más importantes del Go-kart puesto que es el encargado de energizar el sistema, para construir la caja que la soporte se ha elegido como material al ABS, un material accesible que se lo puede utilizar para impresión 3D. El modelo 3D de la caja se lo puede visualizar en la Ilustración 3-9.

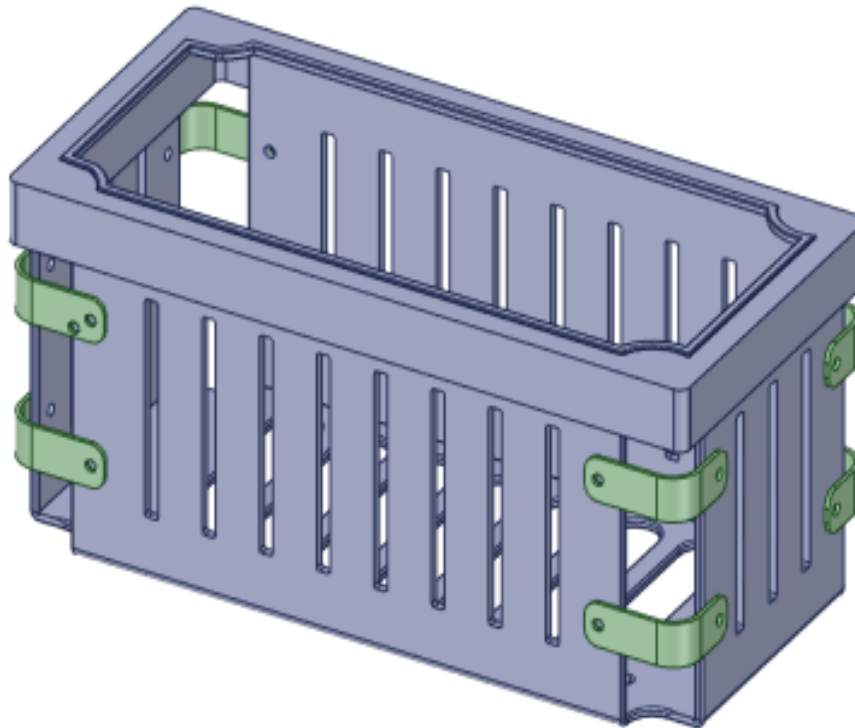
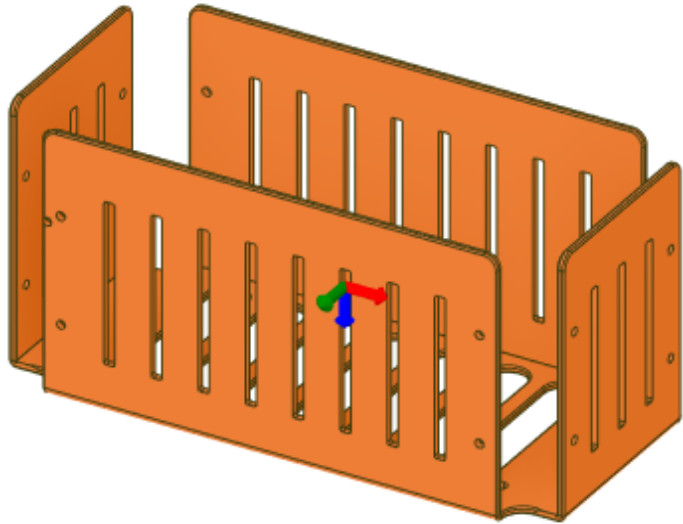


Ilustración 3-9: Caja de soporte de la batería

Realizado por: Mejía Kamila, 2023



Mass	2.4452 kg
Volume	0.002m³
Center of mass	(-0.3923, -0.0103, 0.3104)m
Total surface area	0.7176m²
Principal moment and axis	0.0379093138593313 kg m² (1, 0.00009, 0.00046)
Principal moment and axis	0.0861740273413315 kg m² (-0.00046, 0.00026, 1)
Principal moment and axis	0.092031041459582 kg m² (-0.00009, 1, -0.00026)
Known relative accuracy %	0.004

Ilustración 3-10: Propiedades físicas de la caja de soporte de la batería

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

2022 F

Mass	0.6984 kg
Volume	0.0006m³
Center of mass	(-0.392, 0.1166, 0.3105)m
Total surface area	0.193m²
Principal moment and axis	0.00468551959171348 kg m² (1, 0.00002, 0)
Principal moment and axis	0.0352846271761741 kg m² (0, -0.00001, 1)
Principal moment and axis	0.0397294046123727 kg m² (-0.00002, 1, 0.00001)
Known relative accuracy %	0.001

Ilustración 3-11: Propiedades físicas del chasis de soporte de la batería

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

La norma Technical Regulations for Electric Karts (E-Karting) del año 2020, en el Dibujo Técnico No E1 (Technical Drawing No E1) bajo los artículos 2.5.4 y 4.4.3, sugiere la ubicación de las baterías y de los elementos auxiliares, como se muestra en la Ilustración 3-12.

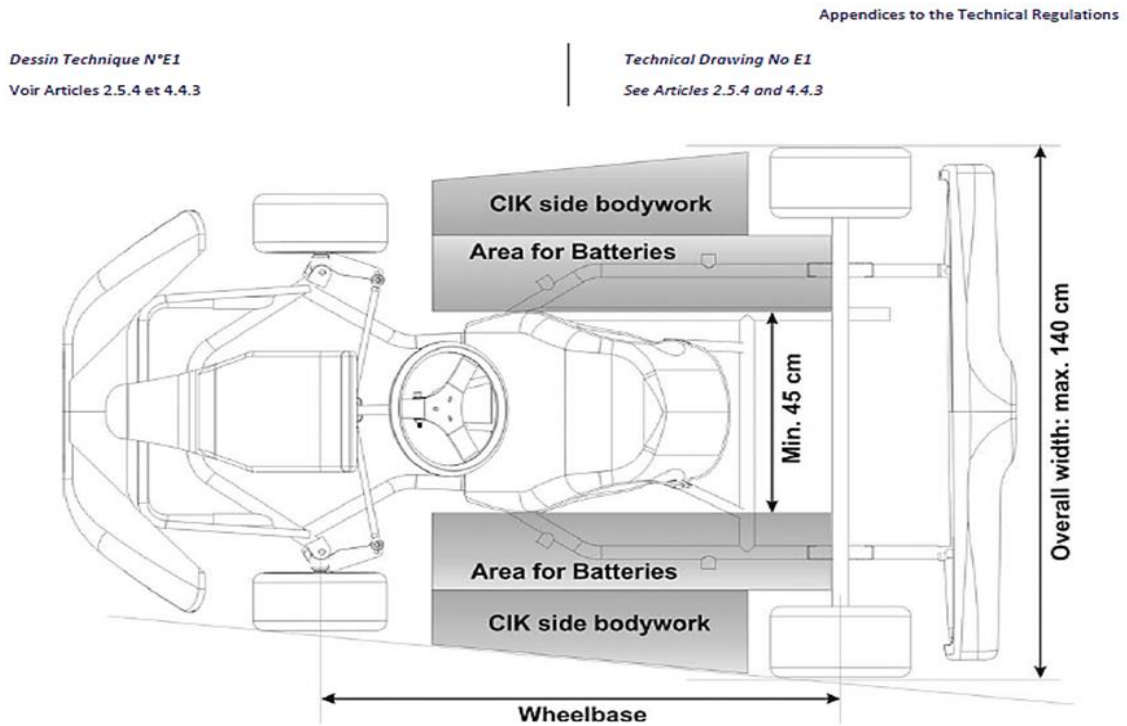


Ilustración 3-12: Ubicación de los elementos del Go-kart según regulación de la norma

Fuente: (FIA Karting, 2022)

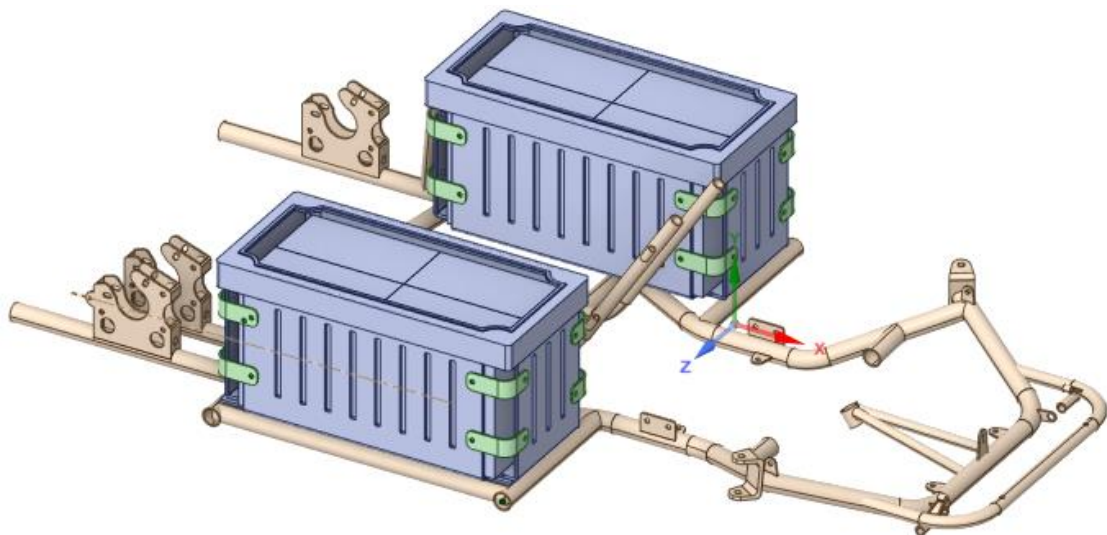


Ilustración 3-13: Kit de baterías montados sobre sus cajas y chasis del Go-kart

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

3.2.2. Soporte del controlador

Dadas las condiciones de ligereza del controlador Kelly se ha optado por construir su soporte considerando como material base el polímero ABS.

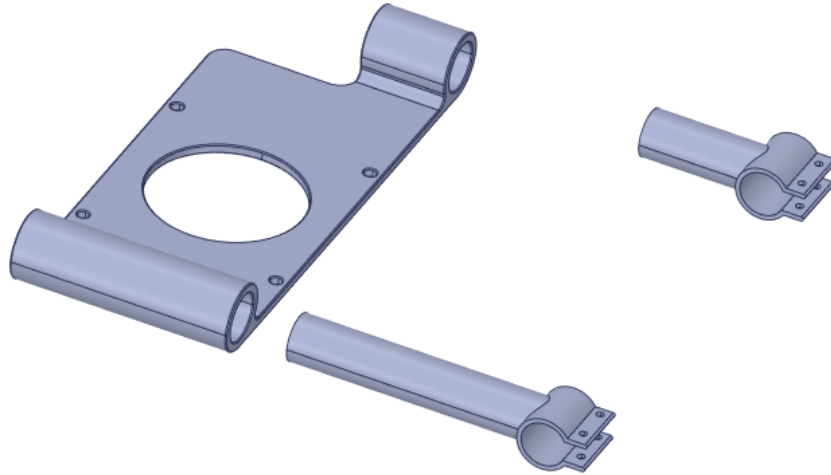
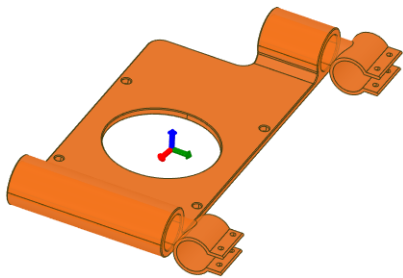


Ilustración 3-14: Soporte del controlador Kelly

Realizado por: Mejía Kamila, 2023



Mass	0.5218 kg
Volume	431220.9428mm ³
Center of mass	(-785.8993, -138.5445, 14.6829)mm
Total surface area	181240.7187mm ²
Principal moment and axis	1269.40870707474 kg mm ² (-0.26284, 0.0151, 0.96472)
Principal moment and axis	8243.30900961051 kg mm ² (0.96298, 0.06617, 0.26133)
Principal moment and axis	9336.72293128019 kg mm ² (-0.05989, 0.99769, -0.03193)
Known relative accuracy %	0.02

Ilustración 3-15: Propiedades del soporte del controlador Kelly. Material ABS

Realizado por: Mejía, 2022

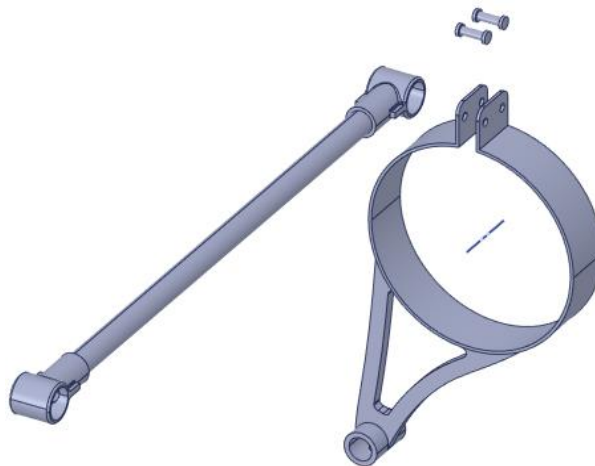


Ilustración 3-16: Soporte trasero. Material A36

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

La Ilustración 3-16 permite observar el soporte trasero del motor, mismo que está fabricado con un acero A36.

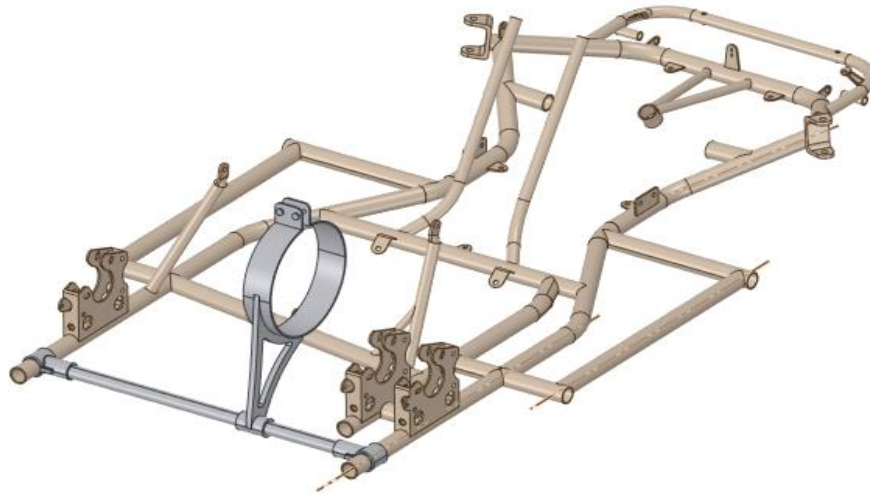
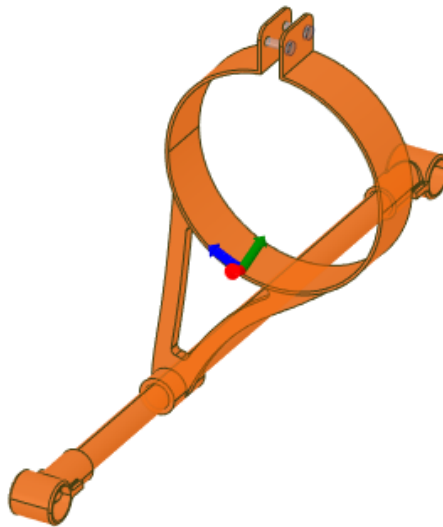


Ilustración 3-17: Soporte trasero montado sobre el chasis

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

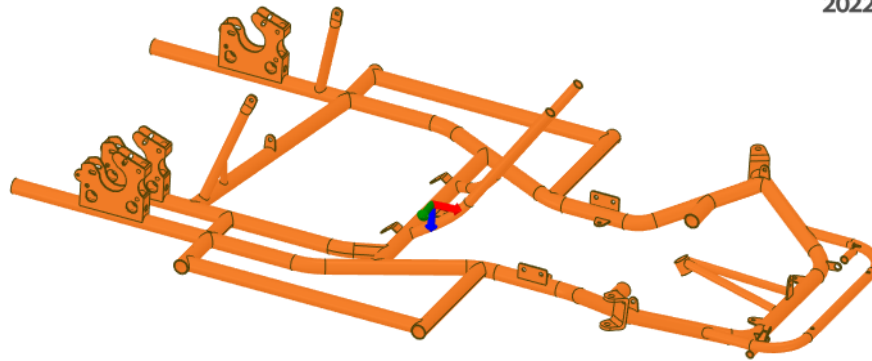
Ansys
2022 R2



Mass	2.5427 kg
Volume	323910.0736mm ³
Center of mass	(-954.6792, -25.7935, 58.4585)mm
Total surface area	203669.5818mm ²
Principal moment and axis	40295.6652067855 kg mm ² (0.19432, 0.44084, 0.8763)
Principal moment and axis	64057.044486251 kg mm ² (0.35279, 0.80214, -0.48177)
Principal moment and axis	93977.6530060961 kg mm ² (0.9153, -0.40277, -0.00035)
Known relative accuracy %	0.01

Ilustración 3-18: Propiedades físicas del soporte trasero. Material A36

Realizado por: Mejía Kamila, 2023



Mass	16.3006 kg
Volume	2076508.7275mm ³
Center of mass	(-315.7895, -99.7998, 22.0862)mm
Total surface area	1757579.4702mm ²
Principal moment and axis	1091409.2411875 kg mm ² (0.99737, 0.01188, -0.0715)
Principal moment and axis	3194783.29683436 kg mm ² (0.07151, -0.00041, 0.99744)
Principal moment and axis	4201040.80576663 kg mm ² (-0.01182, 0.99993, 0.00126)
Known relative accuracy %	0.08

Ilustración 3-19: Propiedades físicas del chasis. Material: AISI 4140

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

3.3. Diseño a analizar

El modelo a analizar resulta del montaje de los elementos del soporte del tren de potencia sobre el chasis del Go-kart. De esta manera se conoce la ubicación exacta de cada elemento facilitando el posicionamiento de las cargas sobre la estructura.

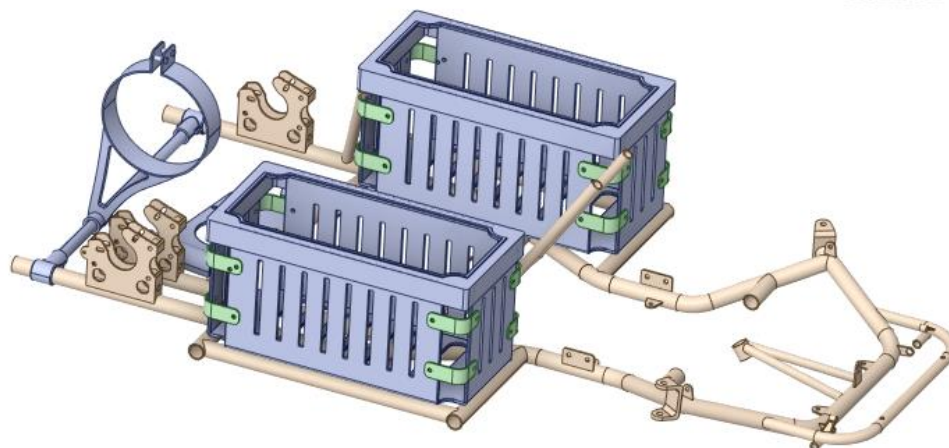


Ilustración 3-20: Vista isométrica del ensamble de los soportes sobre el chasis

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

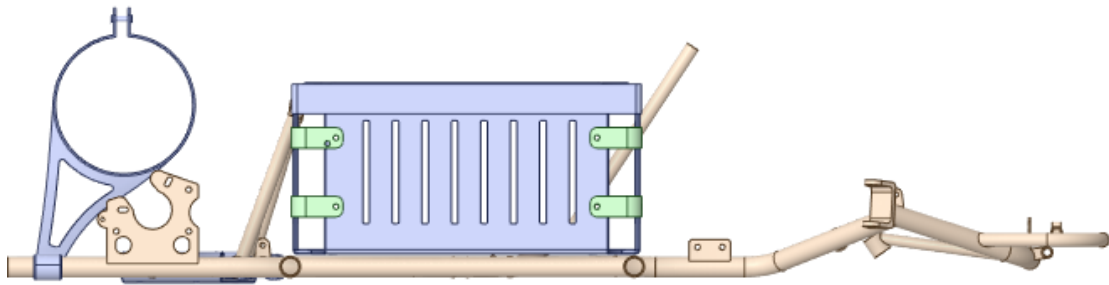


Ilustración 3-21: Vista lateral del ensamble de los soportes sobre el chasis

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

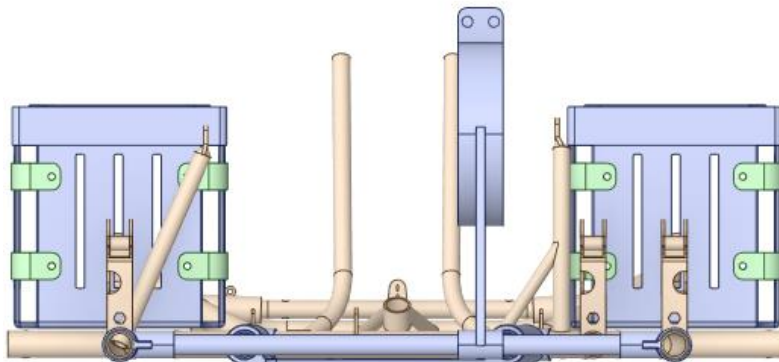


Ilustración 3-22: Vista posterior del ensamble de los soportes sobre el chasis

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

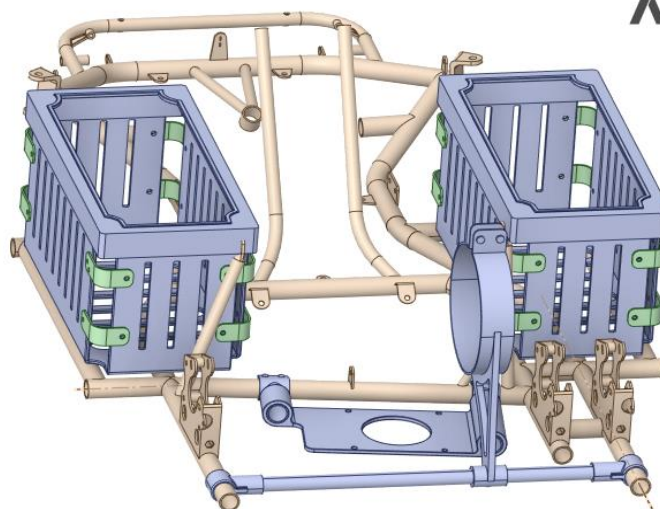


Ilustración 3-23: Vista isométrica del ensamble de los soportes sobre el chasis

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

3.4. Procedimiento de análisis estático

Para realizar este proceso se utilizará la suite Workbench de ANSYS, para ello se procede a indicar los pesos individuales de cada uno de los elementos utilizados en el ensamble.

Tabla 3-2: Peso de los elementos de soporte

ELEMENTO	PESO (Kg)
Motor eléctrico	15.88
Controlador Kelly	5.76
Baterías	19.80
Contenedor de baterías c/u	3.14
Peso del conductor	60.00
Chasis	19.60

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

Se considera que el montaje de estos elementos sobre el chasis alcanza los 125 Kg, peso con el que se realizan los análisis de fatiga, deformación e impacto.

El análisis estático se realizará en el chasis añadiendo las cargas específicamente en los soportes realizados.

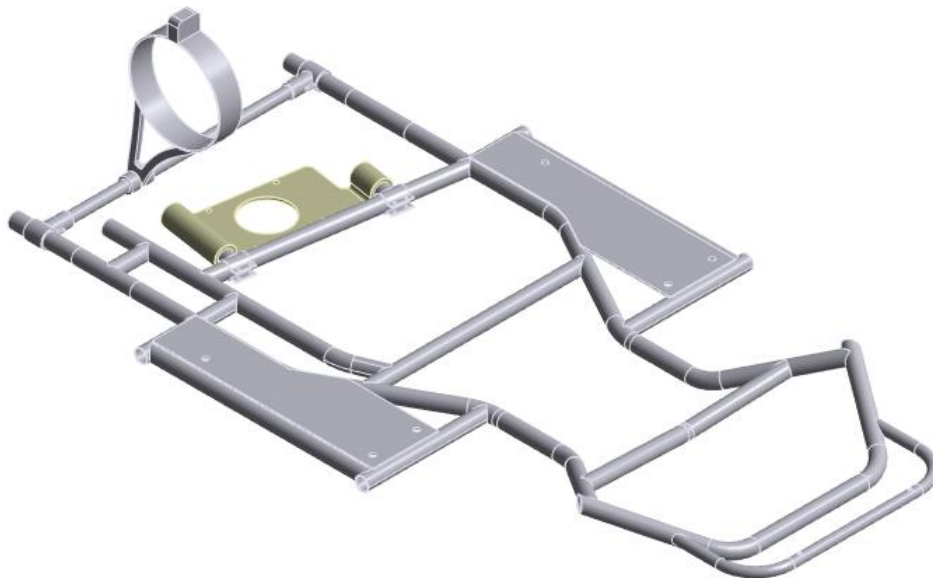


Ilustración 3-24: Modelado 3D del chasis del Go-kart

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

Se ha seleccionado como material base para la estructura el Acero Low Alloy Steel 4140, para el soporte del controlador un polímero ABS con presencia de un 10% de fibra de carbono.

3.4.1. Mallado del modelo

Se ha aplicado un mallado general sobre el ensamblaje compuesto por el chasis y los soportes montados. Se asigna una malla de tipo tetraédrico que cubra en su totalidad al conjunto en análisis. El tamaño para esta malla es de 5 mm de tipo tetraédrico y es directamente proporcional a los resultados obtenidos sobre la estructura.

La Ilustración 3-25 y la Ilustración 3-26 respectivamente permiten observar el mallado aplicado sobre el conjunto chasis – soportes.

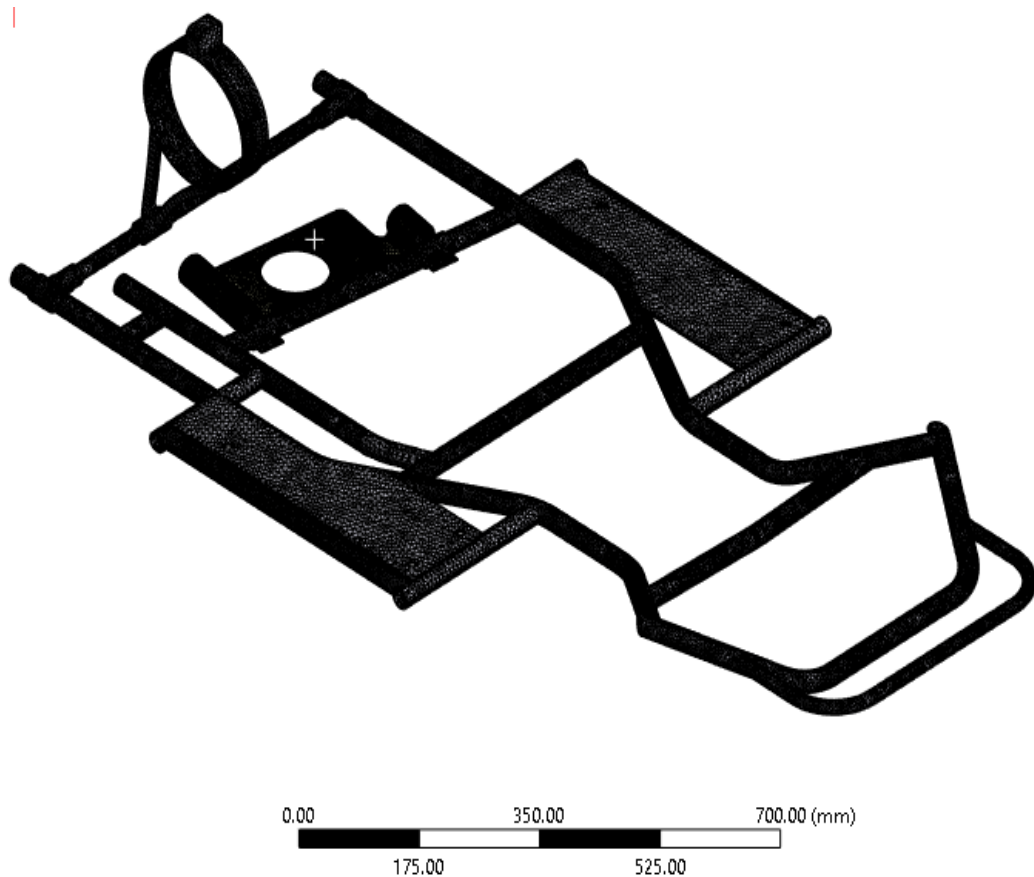


Ilustración 3-25: Aplicación del mallado a la estructura del Go-kart

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

El soporte está diseñado en ABS reforzado con 10% de fibra de carbono, y la estructura del mismo, se diseña en un acero de baja aleación 4140.



Ilustración 3-26: Mallado aplicado sobre los soportes del kit de baterías y chasis

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

Según el método Jacobiano elegido para determinar la calidad del mallado, se considera la escala de 0 a 1, donde el 0 muestra un mallado de mala calidad, y 1 excelente, el análisis presenta una calidad de mallado del 90%, el cual está sobre 0,5 como se muestra en la Ilustración 3-27, que puede considerarse como un mallado ideal para el análisis.

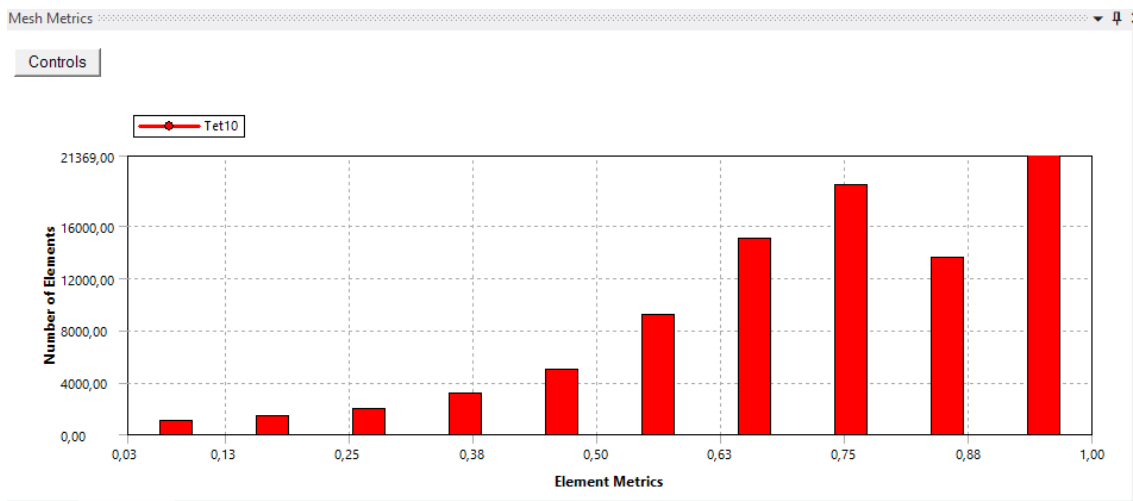


Ilustración 3-27: Calidad de malla según el número de elementos

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

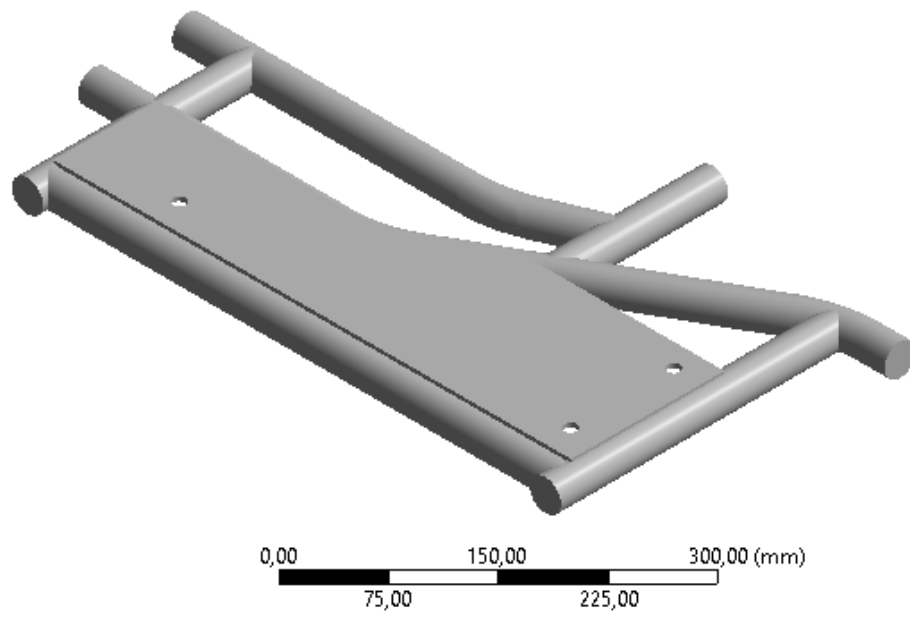


Ilustración 3-28: Preparación de la base del kit de baterías para el proceso de mallado
Realizado por: Mejía Kamila, 2023

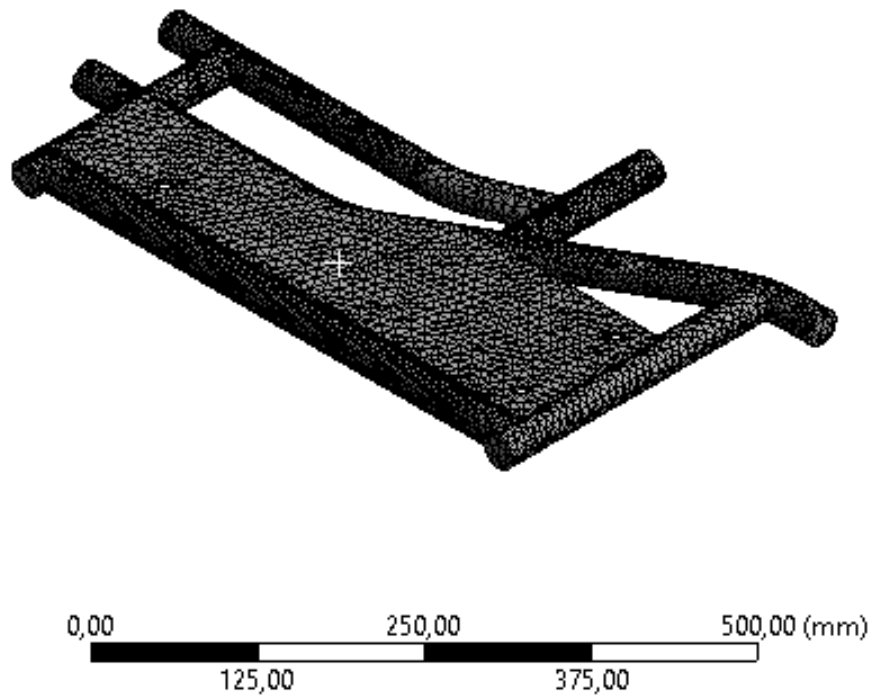


Ilustración 3-29: Mallado de tipo tetraédrico con un tamaño de 5mm
Realizado por: Mejía Kamila, 2023

3.4.2. Localización de las fuerzas actuantes sobre los elementos de soporte

La Ilustración 3-20 muestra la ubicación de las cargas aplicadas en los elementos diseñados, con los valores máximos de la fuerza que soportan sin fallar.

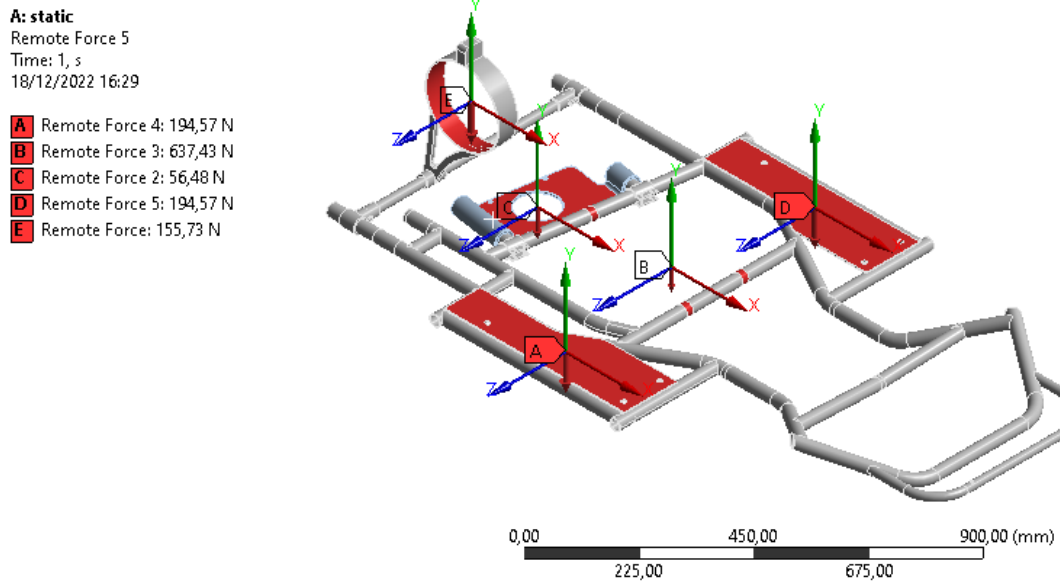


Ilustración 3-30: Colocación de cargas actuantes sobre el chasis

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

La Ilustración 3-31, muestra las cargas aplicadas en el interior del soporte posterior, con un valor máximo de 155.73 N.

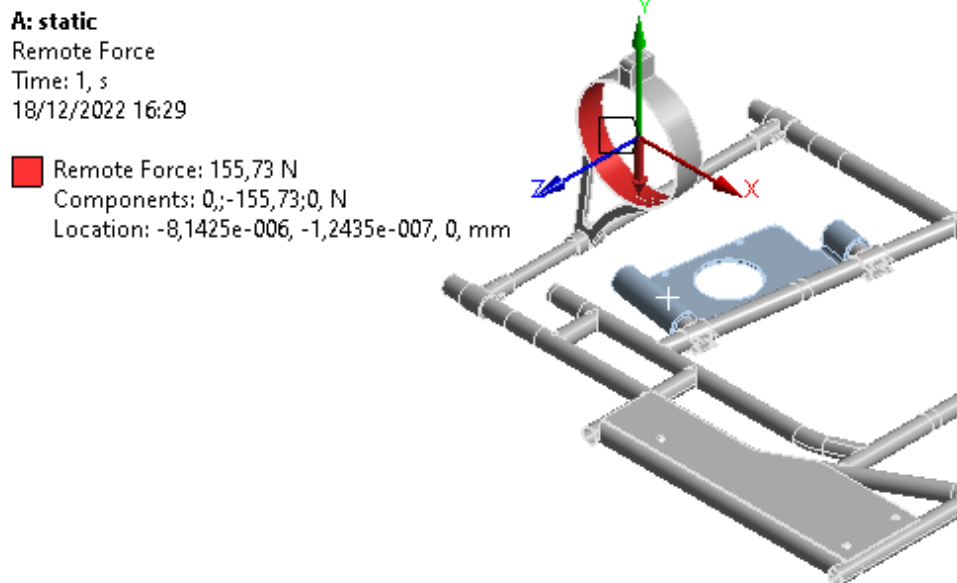


Ilustración 3-31: Fuerza remota aplicada sobre el interior del soporte posterior

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

La Ilustración 3-32 representa las cargas aplicadas en el soporte del controlador Kelly, con un valor máximo de 56.48 N.

A: static
Remote Force 2
Time: 1, s
18/12/2022 16:30

Remote Force 2: 56,48 N
Components: 0,-56,48;0, N
Location: -8,1425e-006, -1,2435e-007, 0, mm

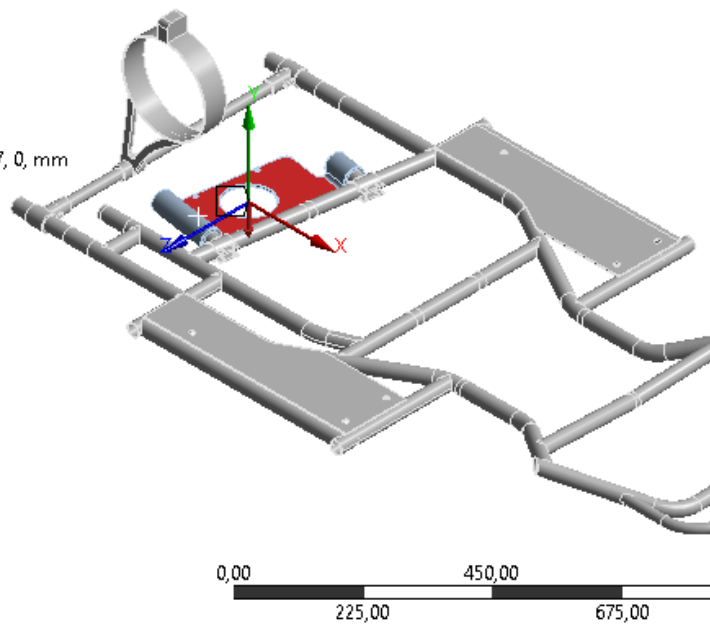


Ilustración 3-32: Localización de las cargas sobre el soporte del controlador Kelly

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

La Ilustración 3-33 representa las cargas auxiliares aplicadas en el chasis, con un valor máximo de 637.43 N.

A: static
Remote Force 3
Time: 1, s
18/12/2022 16:30

Remote Force 3: 637,43 N
Components: 0,-637,43;0, N
Location: -8,1425e-006, -1,2435e-007, 0, mm

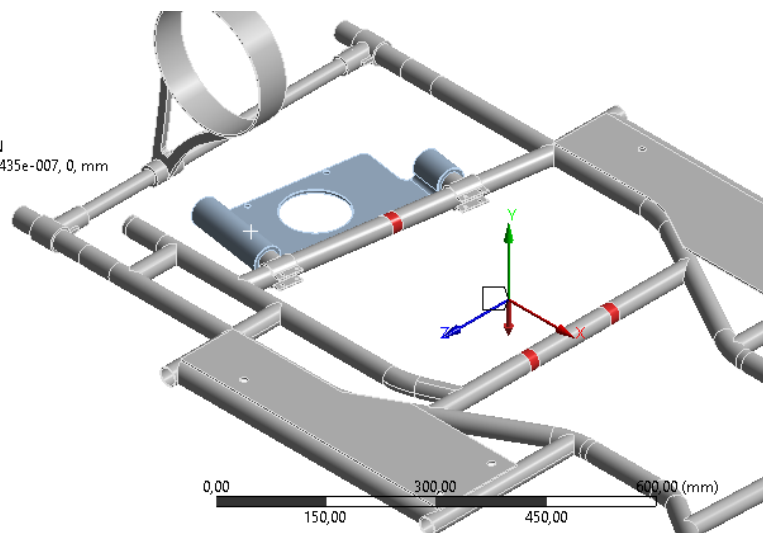


Ilustración 3-33: Ubicación de las cargas auxiliares sobre el chasis

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

La Ilustración 3-34, representa las cargas aplicadas en las placas de soporte del kit de baterías, con un valor máximo de 194.57 N en cada una de ellas.

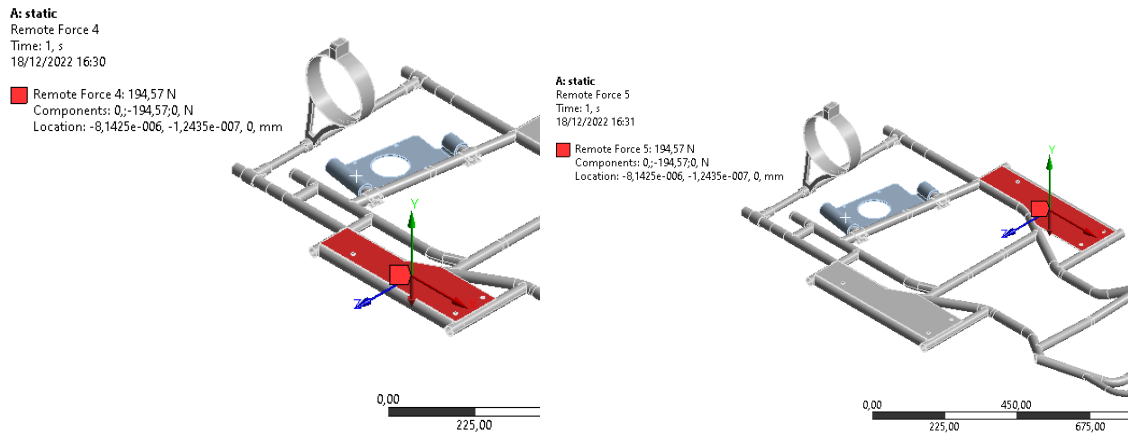


Ilustración 3-34: Colocación de cargas sobre la placa soporte del kit de baterías

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

La Ilustración 3-35, muestra la ubicación de los puntos fijos o soportes rígidos de la estructura, estos elementos restringen el movimiento de los elementos, evitan giros y desplazamiento.

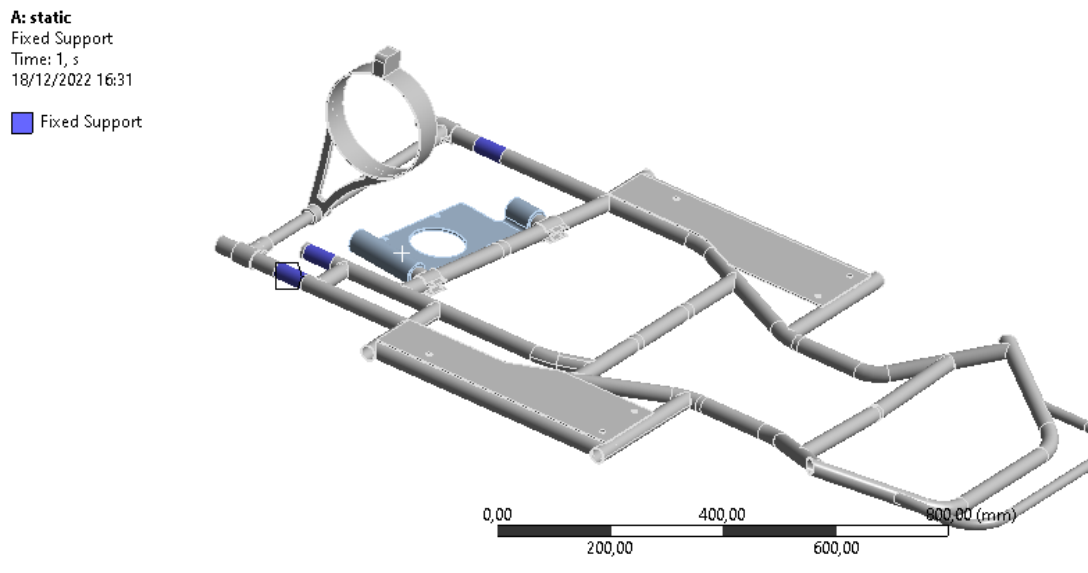


Ilustración 3-35: Ubicación de los puntos fijos de la estructura del chasis

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

3.4.3. Preparación del modelo 3D para el análisis de choque frontal

El objetivo de la simulación se base en observar la deformación del chasis al impactar de manera frontal contra una superficie. Con ello se logrará observar el comportamiento de los soportes creados cuando la estructura impacta a una velocidad de 22 m/s.



Ilustración 3-36. Impacto del chasis con una superficie perpendicular al plano de movimiento
Realizado por: Mejía Kamila, 2023

3.4.4. Configuración utilizada para el análisis de impacto

La principal configuración para el análisis se presenta en la siguiente figura:

Details of "Analysis Settings"	
[-] Analysis Settings Preference	
Type	Program Controlled
[-] Step Controls	
Number Of Steps	1
Current Step Number	1
Load Step Type	Explicit Time Integration
End Time	1,e-003
Resume From Cycle	0
Maximum Number of Cycles	1e+07
Maximum Energy Error	0,1
Reference Energy Cycle	0
Initial Time Step	Program Controlled
Minimum Time Step	Program Controlled
Maximum Time Step	Program Controlled
Time Step Safety Factor	0,9
Characteristic Dimension	Diagonals
Automatic Mass Scaling	No
[+] Solver Controls	
[+] Euler Domain Controls	
[+] Damping Controls	
[+] Erosion Controls	
[-] Output Controls	
Step-aware Output Controls	No
Save Results on	Equally Spaced Points
Result Number Of Points	20
Save Restart Files on	Equally Spaced Points
Restart Number Of Points	5
Save Result Tracker Data on	Cycles
Tracker Cycles	1
Output Contact Forces	Off
[-] Analysis Data Management	
Solver Files Directory	C:\Users\Space_DI\Desktop\IMPACTO2\files\d...
Scratch Solver Files Directory	

Ilustración 3-37: Configuración previa al análisis de impacto
Realizado por: Mejía Kamila, 2023

El tipo de análisis es controlado por el programa cuya programación para el pos procesado de sus ecuaciones es realizado internamente por el mismo, luego de haber seleccionado la velocidad a la que ira el karting y los puntos fijos de la pared sobre la cual se impactara.

En la configuración se ha seleccionado el tiempo de $1e-003s$ cuyo tiempo es bien bajo considerando la velocidad del mismo, si la velocidad fuese de 1 m/s el tiempo de simulación fuese mayor, al momento de ubicar un tiempo menor los resultados serán menores, se seleccionado de forma predeterminada el tipo de escalón de carga una integración de tiempo explícito. El resto de configuración se lo ha realizado por defecto del programa.

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS

En este capítulo se analizan los resultados obtenidos tras aplicar cada uno de los pasos detallados en el marco metodológico.

4.1. Comportamiento del chasis ante las cargas que soporta

El análisis realizado en Workbench permite conocer de manera gráfica el comportamiento del chasis frente a las cargas ubicadas a lo largo de su estructura.

Se obtuvieron gráficas de deformación, fatiga y factor de seguridad.

El chasis construido con un acero AISI 4140 sufre una deformación máxima de 1 mm, valor que se encuentra dentro de un rango normal. El elemento regresa a su posición original después de soportar la carga, lo que implica una deformación elástica.

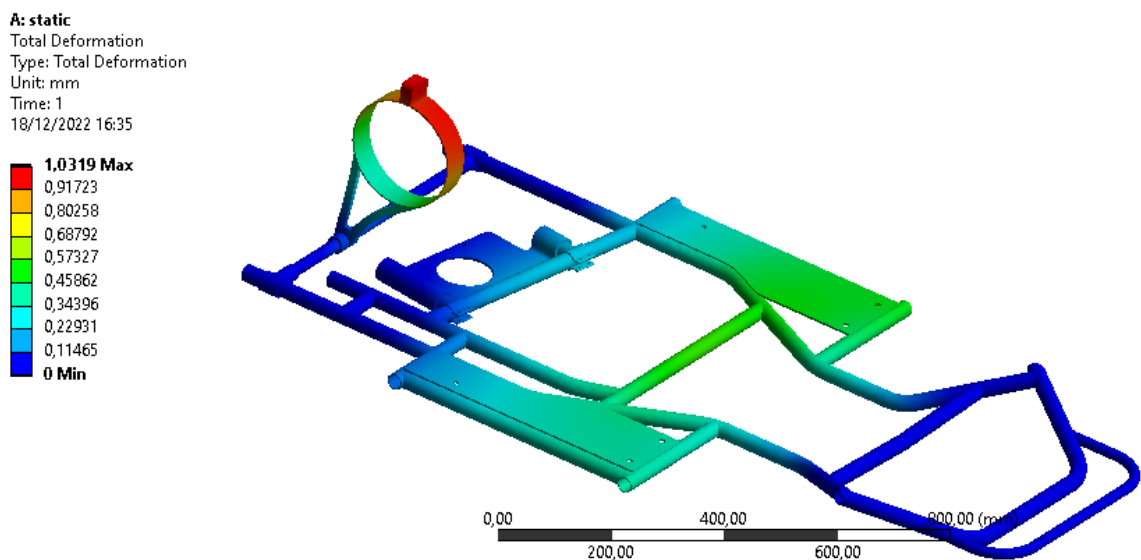


Ilustración 4-1: Deformación total del chasis

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

Una deformación media de 0.1453 mm se presenta en la zona del soporte del kit de baterías ubicado en la parte lateral del chasis.

Mientras que una mínima o casi nula deformación se presenta en la zona delantera y trasera de la estructura del chasis.

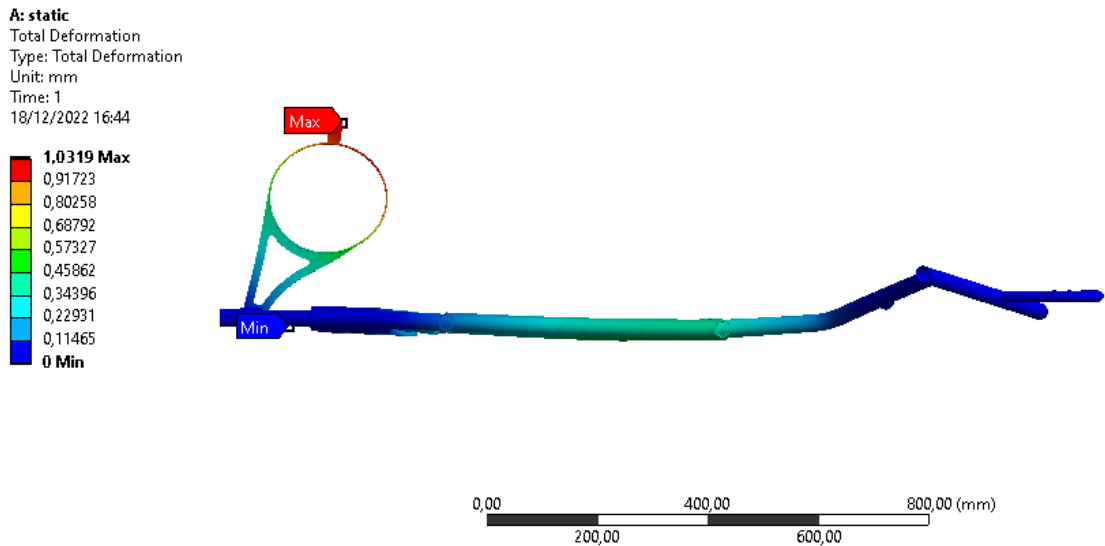


Ilustración 4-2: Vista lateral de la deformación en escala 0.5

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

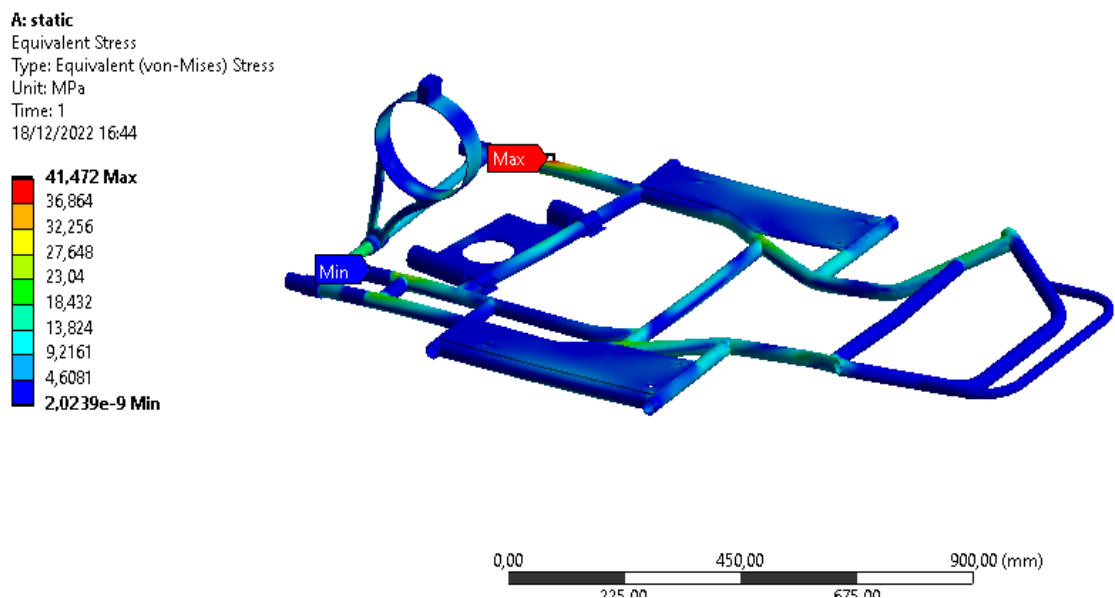


Ilustración 4-3: Stress equivalente (Von Mises) sobre el chasis

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

El mapa de colores de la Ilustración 4-3 muestra que la estructura soporta un esfuerzo máximo de 41.472 MPa. Considerando que el esfuerzo límite para el material del chasis es de 650 MPa se puede afirmar que la estructura soporta las cargas que se ejercen sobre ella.

El factor de seguridad indicado en la Ilustración 4-4 se encuentra por encima de lo esperado, por lo tanto, se puede concluir que los soportes, kit de baterías y demás elementos montados sobre el chasis no afectará su estructura en lo absoluto.

A: static
Safety Factor
Type: Safety Factor
Time: 1
18/12/2022 16:37

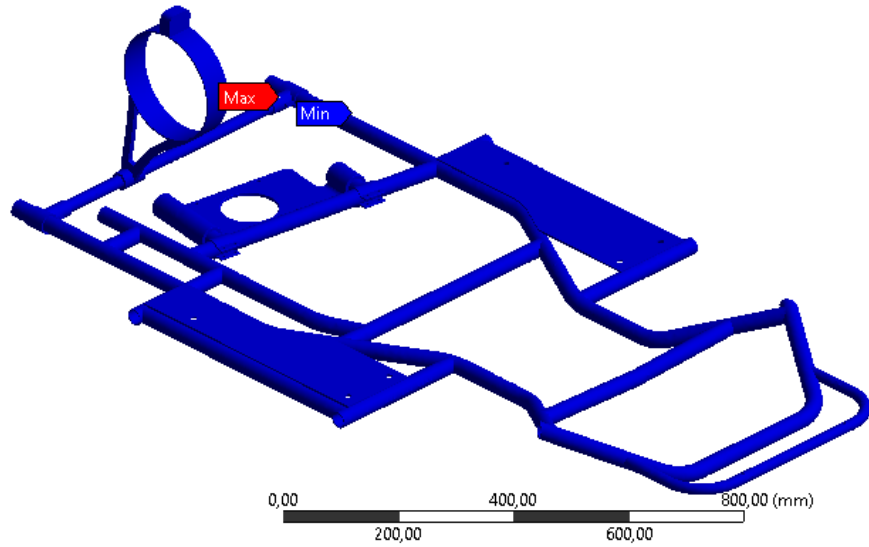
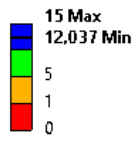


Ilustración 4-4: Factor de seguridad para el chasis

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

A: static
Safety Factor
Type: Safety Factor
Time: 1
18/12/2022 16:45

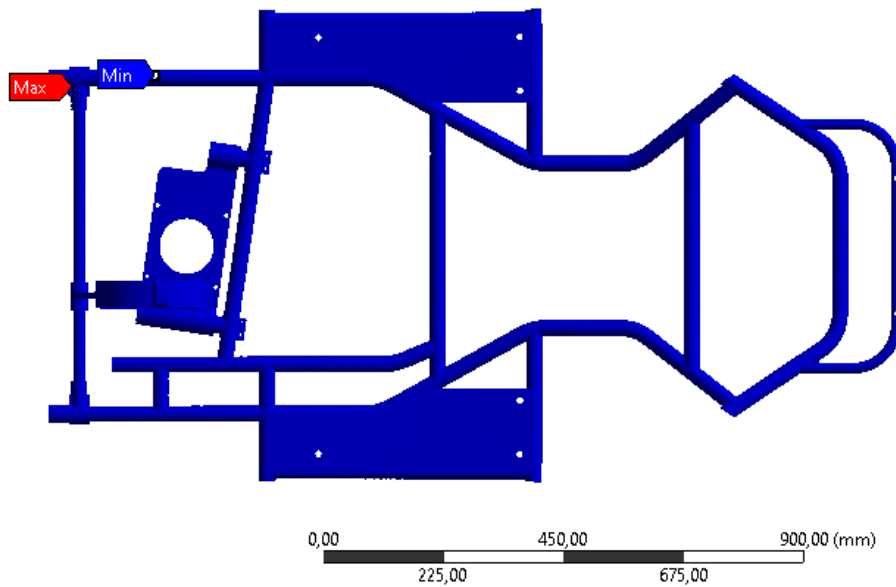
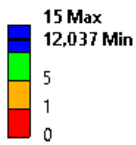


Ilustración 4-5: Simulación dinámica del chasis con velocidad de 75 Km/h

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

B: Base Bateria

Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1
13/01/2023 17:06

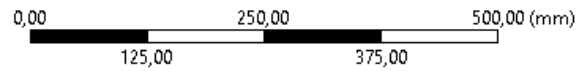
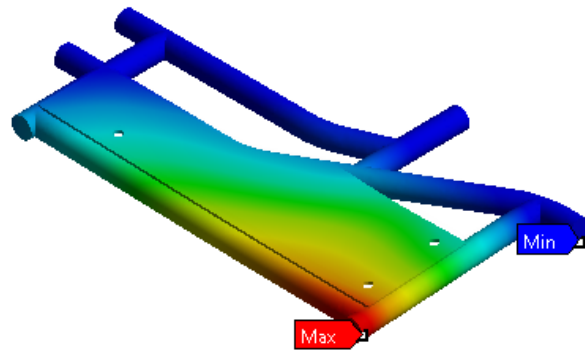
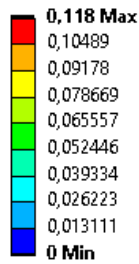


Ilustración 4-6: Deformación total de la base de la batería

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

Las deformaciones mostradas en la Ilustración 4-6 al ser muy pequeñas se pueden considerar como deformaciones elásticas. Para este caso la deformación máxima bajo los efectos de la carga a la que se expuso es de 0.118 mm.

B: Base Bateria

Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress (Unaveraged)
Unit: MPa
Time: 1
13/01/2023 17:11

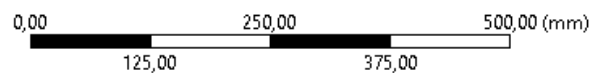
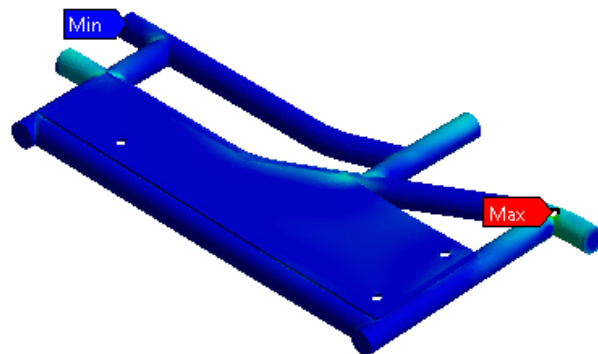
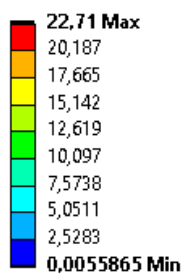


Ilustración 4-7: Estrés equivalente de la base de la batería

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

El estrés equivalente de la base de la batería como se muestra en la Ilustración 4-7 tiene un valor de 22.71 MPa siendo el esfuerzo máximo de material de 685.10 MPa lo que significa que el elemento no corre el riesgo de fallar.

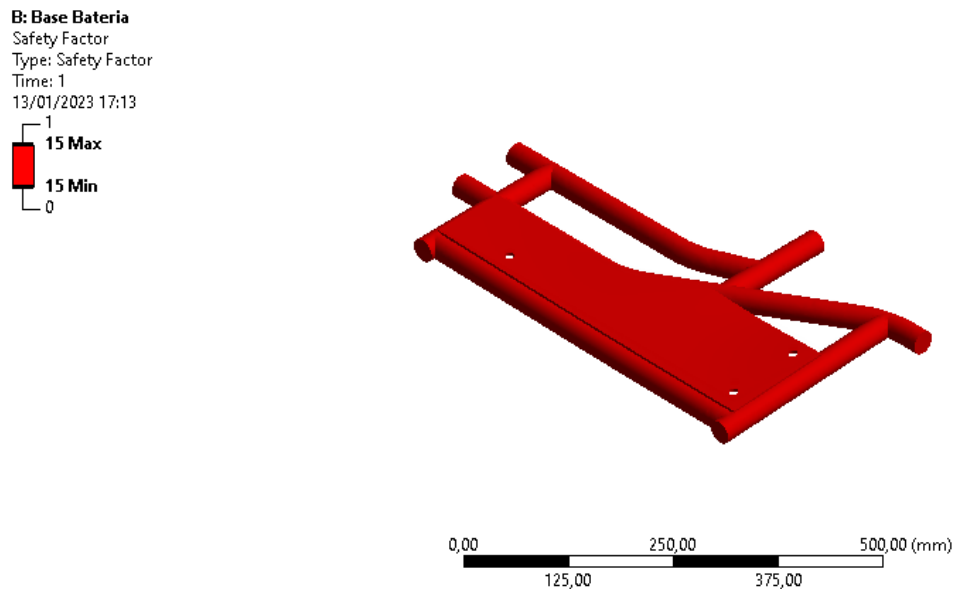


Ilustración 4-8: Factor de seguridad de la base de la batería

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

La interpretación del factor de seguridad de la Ilustración 4-8 superior a 15 y menor a 15 en base a los resultados anteriores indica que la deformación es mínima las cargas aplicadas que son relativamente bajas

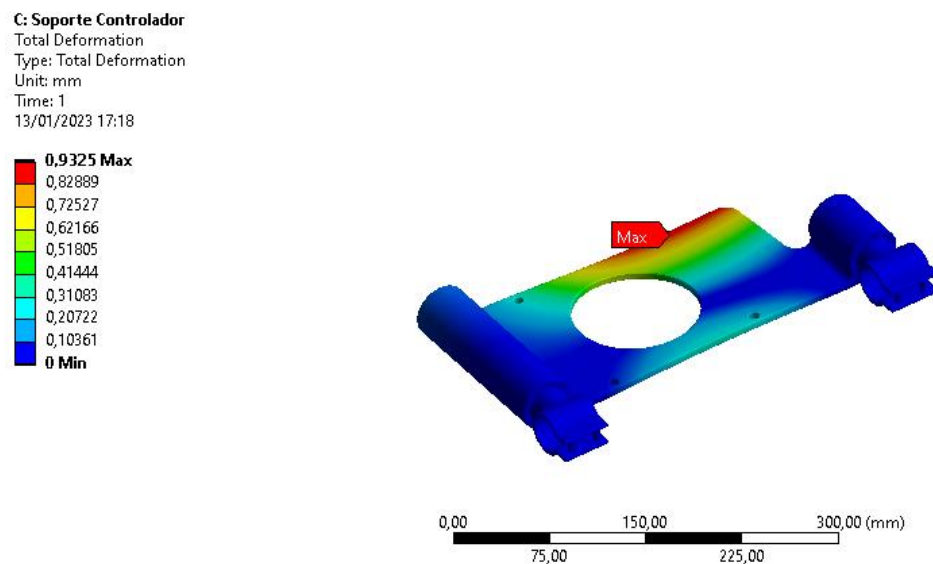


Ilustración 4-9: Deformación total del soporte del controlador

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

La Ilustración 4-9 permite observar una deformación de 0.9 mm lo que da como resultado una deformación de tipo elástica.

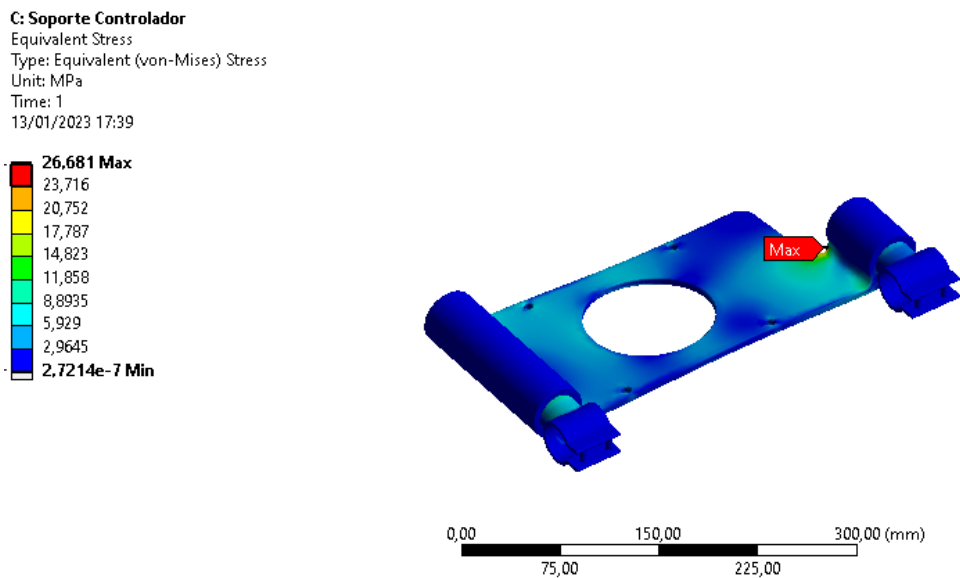


Ilustración 4-10: Esfuerzo máximo del soporte del controlador

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

La Ilustración 4-10 permite observar el equivalente de stress, con un esfuerzo máximo del elemento de 26.681 y un esfuerzo permisible del material de 469 MPa lo que no da posibilidad para que se presente una falla.

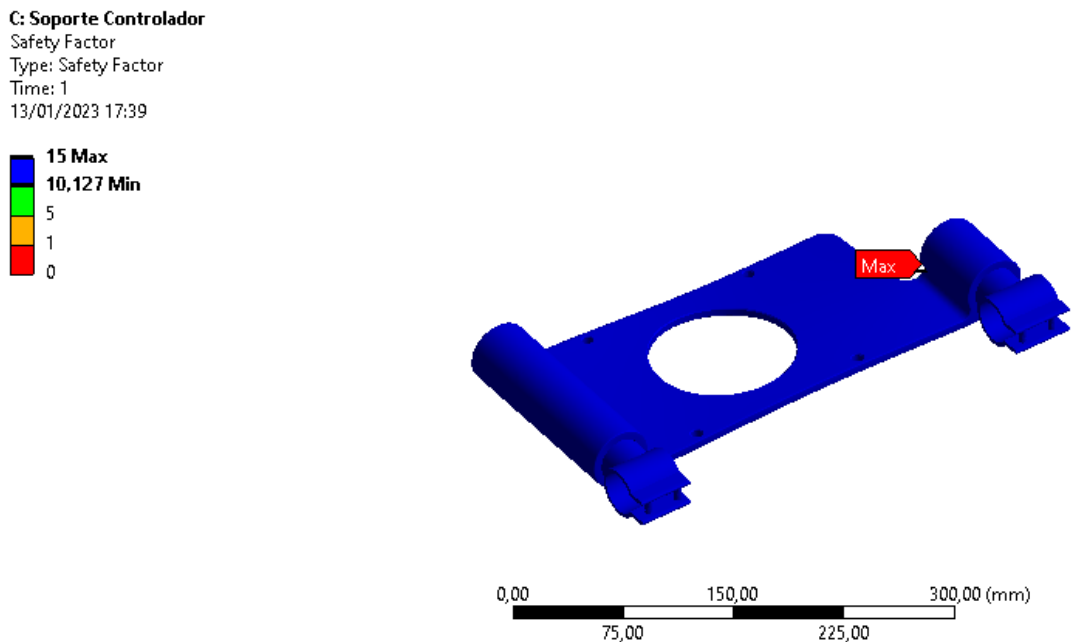


Ilustración 4-11: Factor de seguridad del soporte del controlador

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

La Ilustración 4-11 permite observar que el factor de seguridad del elemento es de 10.127 lo que implica que el elemento se encuentra correctamente dimensionado para soportar las cargas aplicadas.

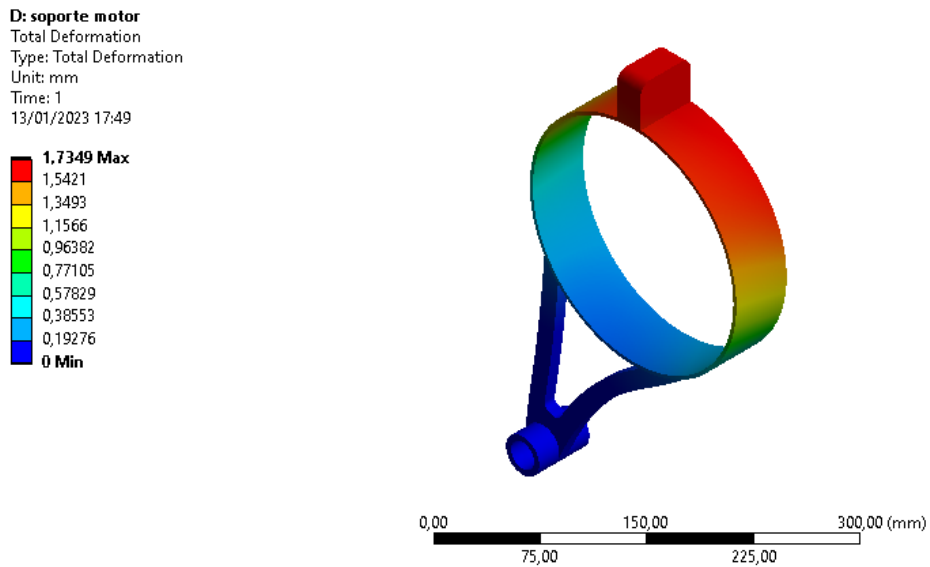


Ilustración 4-12: Deformación total del soporte del motor

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

La Ilustración 4-12 permite observar una deformación de 1.7349 mm sobre el soporte del motor, misma que resulta despreciable para el elemento.

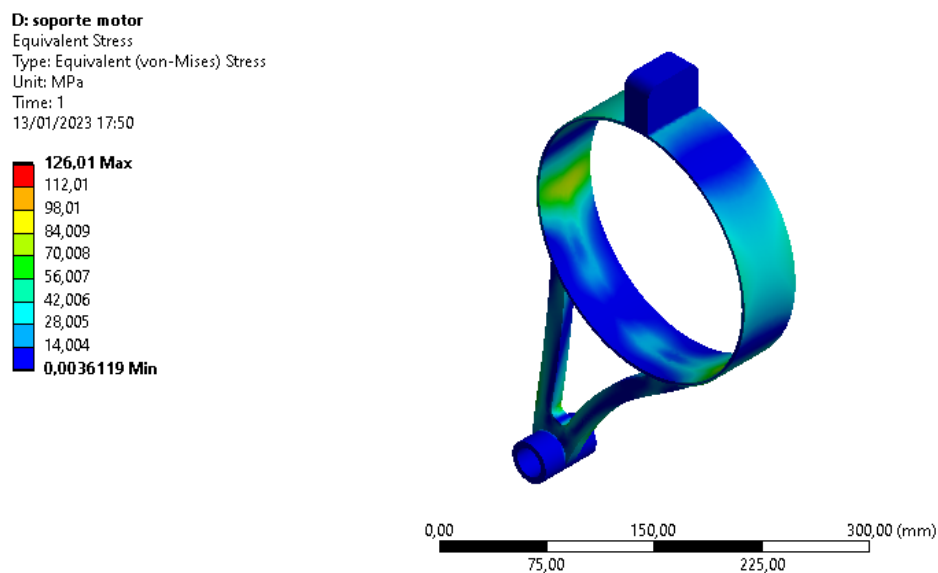


Ilustración 4-13: Esfuerzo equivalente del soporte del motor

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

La Ilustración 4-13 muestra un esfuerzo equivalente con un valor máximo de 126.01 MPa que resulta bajo y admisible para el esfuerzo máximo de material que tiene un valor de 685.10 MPa.

D: soporte motor
Safety Factor
Type: Safety Factor
Time: 1
13/01/2023 17:52

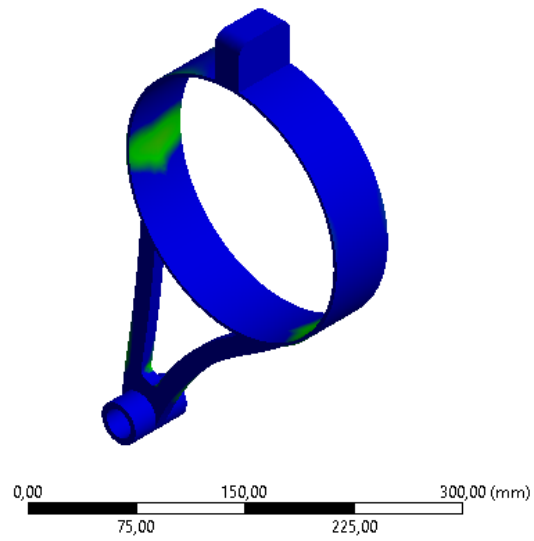
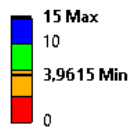


Ilustración 4-14: Factor de seguridad del soporte del motor

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

La Ilustración 4-14 permite observar un factor de seguridad de 3.9615 que se encuentra dentro de los rangos admisibles.

A: impacto frontal

Velocity
Time: 1,e-003 s
03/01/2023 17:20

Velocity
Components: 22,;Free;Free m/s

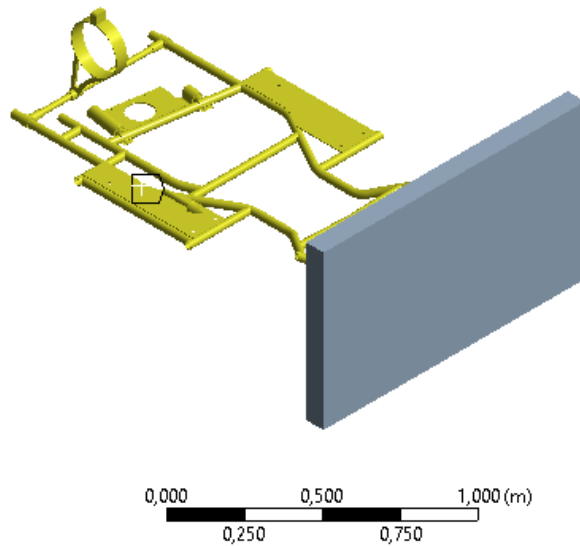


Ilustración 4-15: Prueba de impacto frontal para el chasis

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

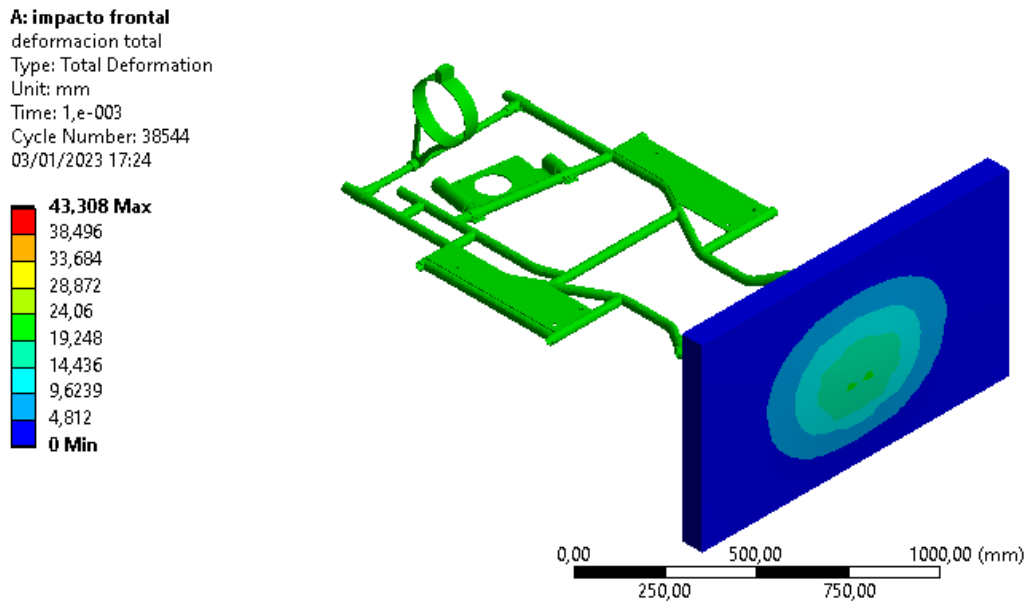


Ilustración 4-16: Deformación total tras la prueba de impacto del karting

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

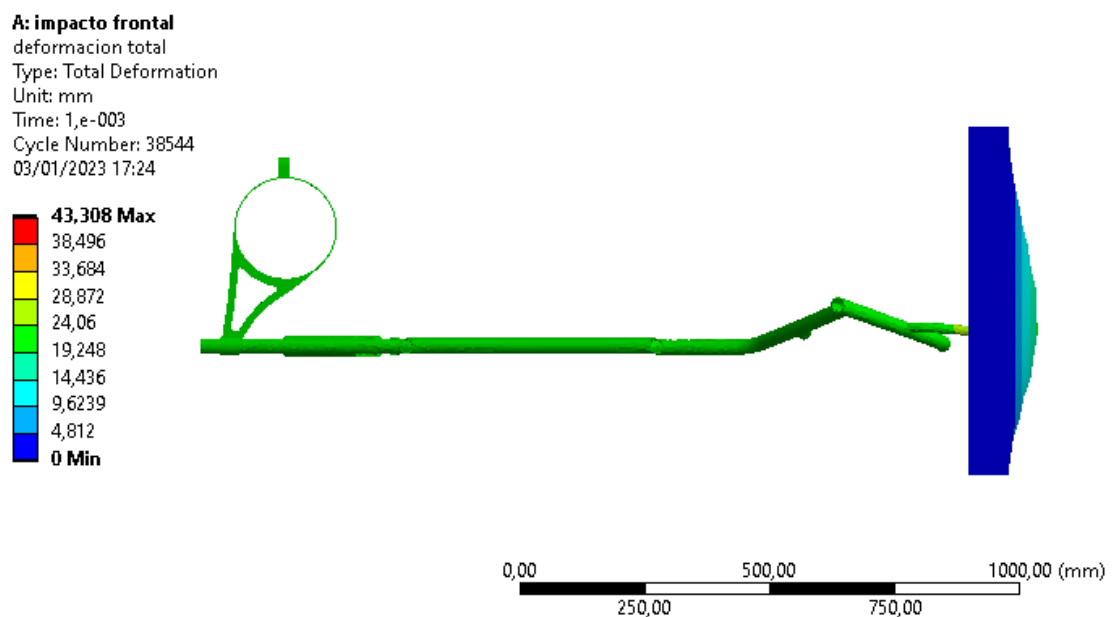


Ilustración 4-17: Deformación total del chasis tras un choque de impacto frontal

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

La Ilustración 4-17 e Ilustración 4-18 muestra el mapa de colores del chasis de la deformación total de la estructura tras un impacto de choque frontal. Se observa una deformación en el chasis de 43 mm, un valor representativo para la parte frontal de la estructura.

A: impacto frontal
 deformacion chasis
 Type: Total Deformation
 Unit: mm
 Time: 1,e-003
 Cycle Number: 38544
 03/01/2023 17:25

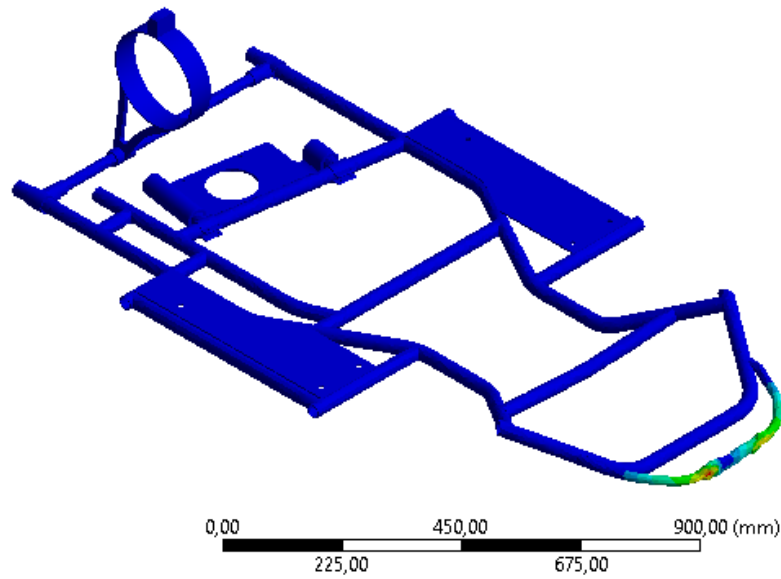
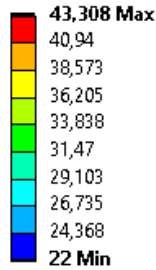


Ilustración 4-18: Deformación total del chasis tras impacto frontal (Vista isométrica)

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

A: impacto frontal
 Equivalent Stress total
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress
 Unit: MPa
 Time: 1,e-003
 Cycle Number: 38544
 03/01/2023 17:25

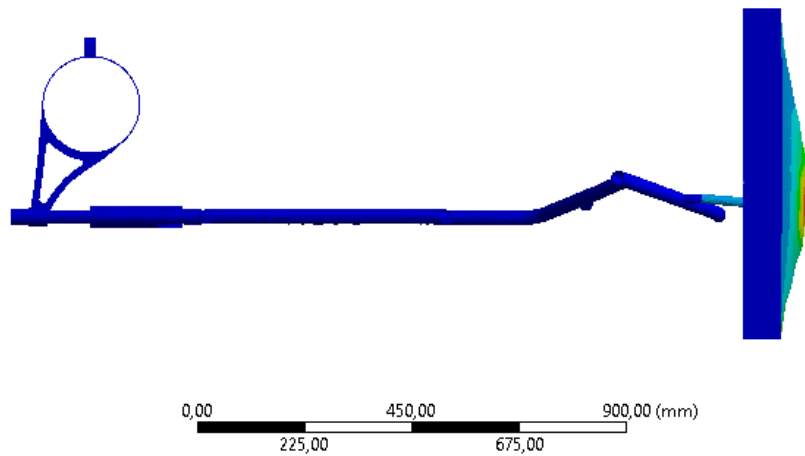
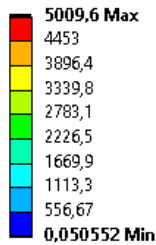


Ilustración 4-19: Esfuerzo equivalente del chasis tras impacto frontal

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

Considerando la Ilustración 4-20 e Ilustración 4-21 cabe mencionar que el esfuerzo último del material tiene un valor de 685.10 MPa, el diseño falla en la zona de la barra delantera, sin embargo, la parte trasera del chasis soporta este esfuerzo lo cual lleva a considerar que el diseño cumple con los requerimientos para su aprobación.

A: impacto frontal
Equivalent Stress chasis
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1,e-003
Cycle Number: 38544
03/01/2023 17:25

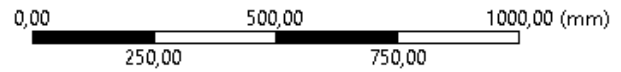
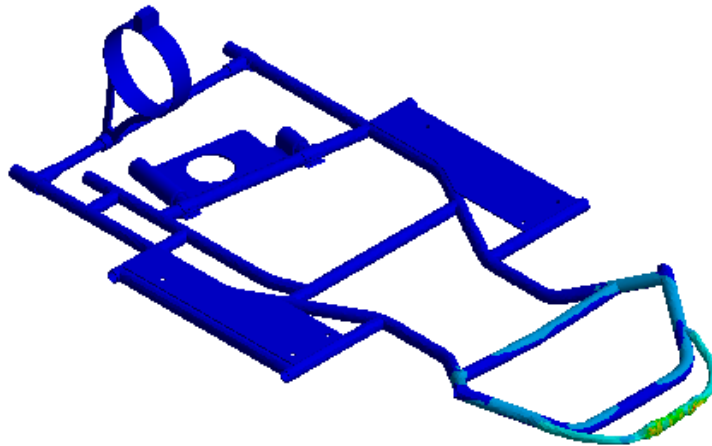
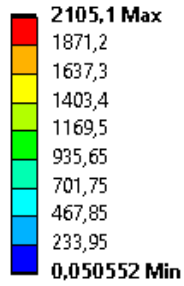


Ilustración 4-20: Esfuerzo equivalente del chasis tras impacto frontal (Vista isométrica)

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

A: impacto frontal
Equivalent Stress chasis
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1,e-003
Cycle Number: 38544
03/01/2023 17:25

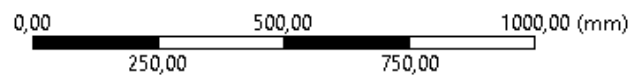
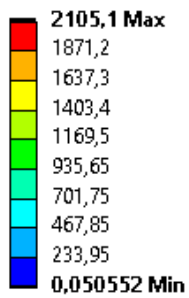


Ilustración 4-21: Esfuerzo equivalente del chasis tras impacto frontal (Vista lateral)

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

A: impacto frontal
Safety Factor
Type: Safety Factor
Time: 1,e-003
Cycle Number: 38544
03/01/2023 17:26

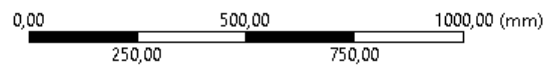
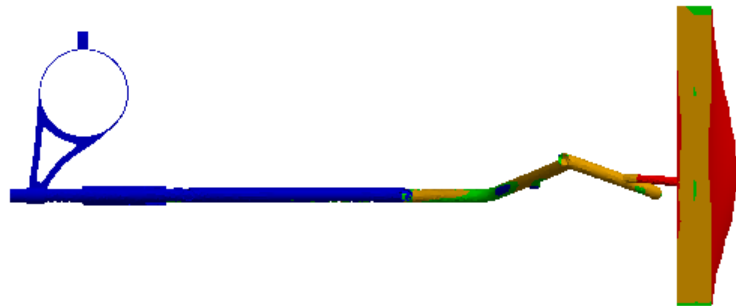
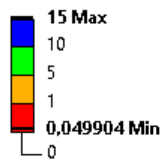


Ilustración 4-22: Factor de seguridad del chasis tras impacto frontal (Vista lateral)

Realizado por: Mejía, 2022

A: impacto frontal
Safety Factor
Type: Safety Factor
Time: 1,e-003
Cycle Number: 38544
03/01/2023 17:26

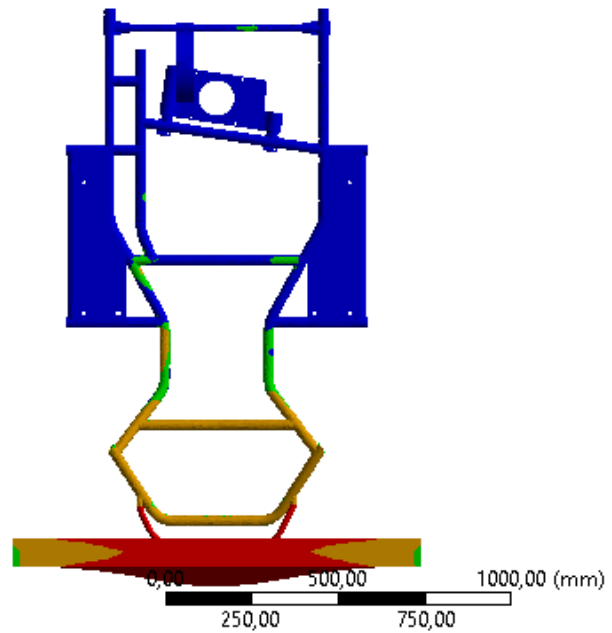
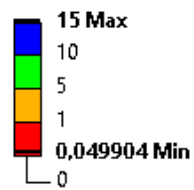


Ilustración 4-23: Factor de seguridad del chasis tras impacto frontal (Vista superior)

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

A: impacto frontal
Safety Factor
Type: Safety Factor
Time: 1,e-003
Cycle Number: 38544
13/01/2023 23:04

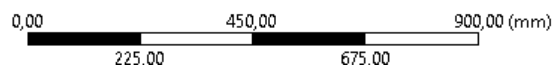
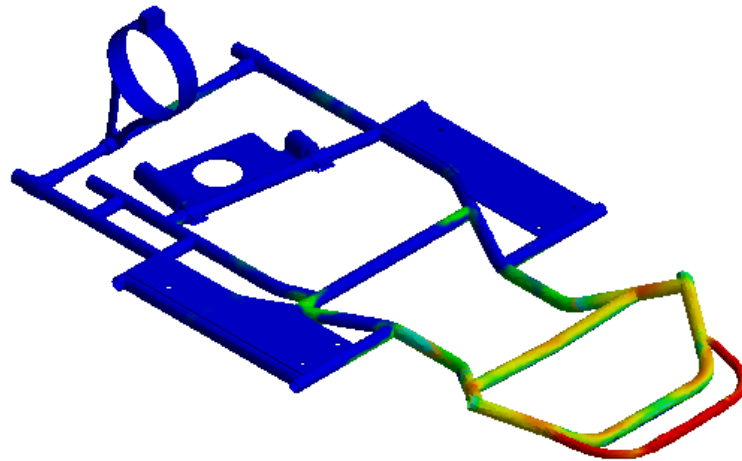
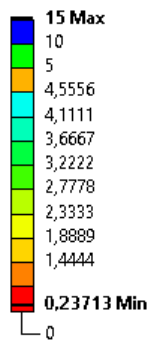


Ilustración 4-24: Factor de seguridad del chasis tras impacto frontal (Vista isométrica)

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

A: impacto frontal
Safety Factor
Type: Safety Factor
Time: 1,e-003
Cycle Number: 38544
13/01/2023 23:04

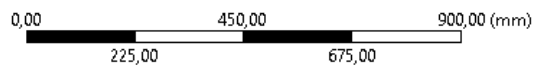
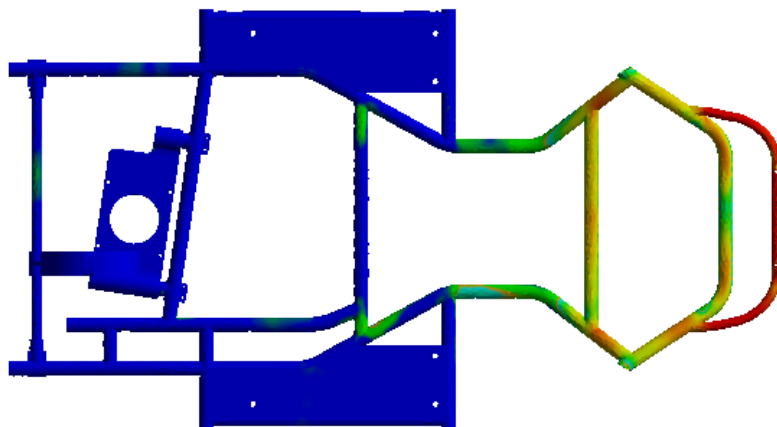
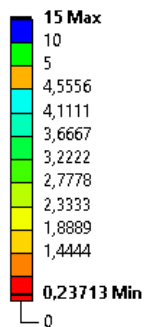


Ilustración 4-25: Factor de seguridad del chasis tras impacto frontal (Vista isométrica)

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

El factor de seguridad es menor que 1 en la parte frontal lo cual representa que no soportaría un impacto de dichas características, pero sin embargo en el resto del chasis el factor de seguridad es mayor que uno lo cual representa que no sufrirá ningún tipo de daño tanto en la estructura como en los soportes diseñados.

Results	
Internal	16371 J
Kinetic	5461,8 J
Plastic Work	15674 J
Hourglass	0, J
Contact	1,1582e+006 J
Total	21833 J
Maximum Value Over Time	
Internal	16371 J
Kinetic	6179,8 J
Plastic Work	15674 J
Hourglass	0, J
Contact	1,1582e+006 J
Total	21833 J
Minimum Value Over Time	
Internal	0, J
Kinetic	5376,7 J
Plastic Work	0, J
Hourglass	0, J
Contact	0, J
Total	5376,7 J
Information	
Time	1,e-003 s
Set	21
Cycle Number	38544

Ilustración 4-26: Resultados del impacto frontal del chasis

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

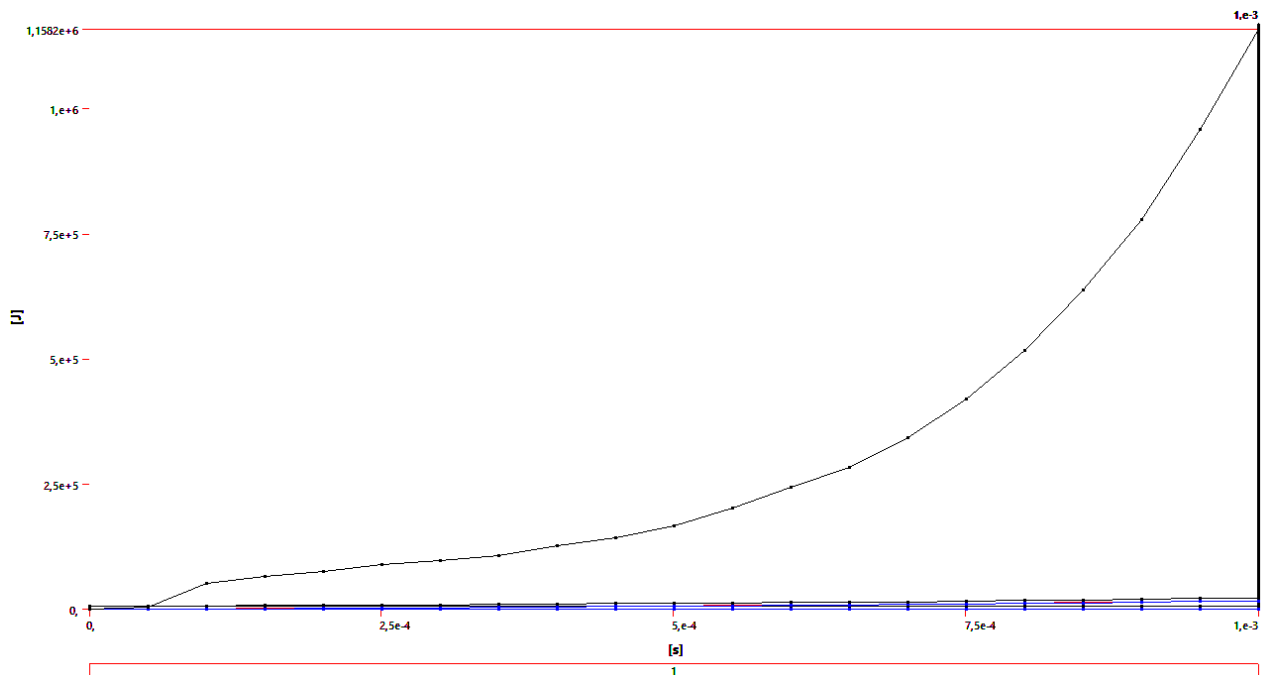


Ilustración 4-27: Energía interna generada al momento del impacto en un tiempo de 1e-3 [s]

Realizado por: Mejía Kamila, 2023

Entendiendo la energía interna como el resultado de la energía cinética de las moléculas o átomos que lo constituyen de sus diferentes tipos de energías podemos interpretar que la energía aumenta de forma incremental al tiempo de impacto de 0 a 16371 [J] siendo el tiempo de $1e-3[s]$ como se ve en las gráficas proporcionadas por el software siendo solo la parte frontal del karting la cual produce toda esa energía debido a que absorbe todo el impacto protegiendo el resto de componentes, por tal motivo el chasis en su estructura no se ve tan afectado y lo podemos observar en la simulación generada.

CONCLUSIONES

Para llevar a cabo el presente trabajo se ha realizado la revisión bibliográfica de la normativa técnica establecida por la CIK/FIA, artículos científicos, trabajos de titulación previos enfocados en los Go karts de combustión interna, híbridos y eléctricos, así como también información y fichas técnicas de los diferentes elementos en estudio, lo que ha permitido recopilar la información necesaria para el modelado del tren de potencia y elementos de soporte distribuidos sobre el chasis.

El modelado del chasis en escala 1:1 se realizó de manera manual, es decir, después de obtener las dimensiones de cada elemento del chasis y tren de potencia se utilizó el software SolidWorks para obtener los modelos digitales de los elementos mencionados, mientras la simulación se realizó en la suite Workbench de ANSYS.

El material base del chasis es un acero AISI 4140, para la construcción de los soportes se recomienda utilizar un acero A36, para los contenedores del kit de baterías y soporte del controlador Kelly se recomienda utilizar un polímero ABS.

La geometría, las dimensiones y el peso de los elementos considerados en la simulación para la futura adaptación del tren de potencia están basados en los elementos existentes en el mercado, la ubicación de estos soportes son los establecidos por la norma técnica de la CIK/FIA *Technical Regulations for Electric Karts (E-Karting)* del 2020.

Se pueden señalar como resultados de simulación para el chasis los siguientes valores: deformación total un valor máximo de 1.0319 mm visualizando que la deformación máxima ocurre en el soporte del motor, una menor deformación ocurre en la zona del soporte de baterías con un valor de 0.118 mm mientras la zona frontal del chasis no presenta deformación.

En cuanto al análisis de esfuerzos el chasis presenta un esfuerzo máximo de 41.472 MPa localizado en la parte posterior izquierda de la estructura y un esfuerzo mínimo de 2.0239×10^{-9} Mpa en su parte posterior derecha. Estos valores se encuentran dentro del rango admisible puesto que el material soporta hasta 650 MPa de esfuerzo.

En cuanto a factor de seguridad del chasis se tiene un valor máximo de 15 y un mínimo de 12.037. Analizando la base del kit de baterías se puede observar que esta presenta una deformación total máxima de 0.118 mm, un esfuerzo máximo de 22.71 MPa y un factor de seguridad de 15.

El Soporte del controlador Kelly presenta un valor de deformación máximo de 0.9325 mm, un esfuerzo máximo de 26.681 MPa, un factor de seguridad máximo de 15 y mínimo de 10.127.

El soporte del motor presenta una deformación máxima de 1.7349 mm, un esfuerzo máximo de 126.01 MPa, un factor de seguridad máximo de 15 y mínimo de 3.9615.

El análisis de impacto frontal a una velocidad estimada de 22 m/s indica que el chasis sufriría una deformación máxima de 43.308 mm en su parte frontal, el esfuerzo que soporta es de 5009.6 MPa lo que supera el esfuerzo admisible del material deformándolo y provocando su falla, el factor de seguridad tiene un valor máximo de 15.

Los valores elevados del factor de seguridad 15 para el chasis, base de la batería y soporte del controlador, tras el análisis indican que las cargas son mínimas en comparación a las dimensiones de la estructura, es decir no sufriría alteraciones debido a la acción de cargas y esfuerzos respectivamente.

Basado en el modelo 3D de los elementos montados en el chasis se obtuvo los planos de construcción de las siguientes partes: soporte del kit de baterías, soporte del motor y soporte del tren de potencia.

RECOMENDACIONES

Debido a las características del Kit de Baterías, es posible variar la geometría de los soportes para reducir considerablemente su peso sin afectar sus funciones primarias.

Utilizar un método de obtención del modelo 3D más preciso como es el caso de un escáner 3D.

Actualmente existe una gran variedad de materiales que pueden ser empleados para la fabricación de los soportes; esto dependiendo si se busca reducir el peso, costo y calidad de los elementos del conjunto.

Para futuros trabajos se recomienda alternar los materiales de los elementos considerados en esta investigación con el fin de generar analogías y nuevas alternativas de construcción.

Para mejorar los resultados obtenidos se recomienda mejorar la calidad del mallado, tener presente el tiempo de simulación empleados, en caso de utilizar tiempos cortos o muy extensos, la simulación será defectuosa.

BIBLIOGRAFÍA

ACEBEDO, Manuel Mudarra. Puesta a punto y caracterización de probetas de material compuesto fabricadas con un sistema de impresión 3D. *Universidad de Sevilla*. [En línea] 2021.

ÁREA TECNOLOGÍA. Ensayo de tracción. [En línea] 2022. [Citado el: 10 de 04 de 2022.] <https://www.areatecnologia.com/materiales/ensayo-de-traccion.html>.

AUTOFÁCIL. Sistema de carga y arranque de tu coche: ¿qué componentes lo forman? [En línea] 2022. <https://www.autofacil.es/tecnica/sistema-carga-arranque-coche-componentes/178145.html>.

BUN-CA. Buenas prácticas en eficiencia energética. *Motores eléctricos*. [En línea] 2022. <https://www.bun-ca.org/wp-content/uploads/2019/02/FasciculoMotoresElectricos.pdf>.

CALLE, Wilson. *Influencia de los parámetros de relleno en el comportamiento mecánico a la flexión de piezas fabricadas en impresoras 3D de bajo coste*. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia : s.n., 2014.

CARPIO, Gustavo Ismael Pacheco. Análisis de tracción en probetas impresas en 3D mediante deposición de hilo fundido de PLA, ABS y PLA/MLO. *Universidad Politécnica Salesiana*. [En línea] 2019. Cuenca - Ecuador .

CURVA1KART. Nace el primer campeonato de karts eléctricos del mundo. [En línea] 2017. <http://curva1kart.com.ar/noticias/?p=78336>.

DEL MÉDICO, Alejandro Javier. *Propiedades mecánicas de componentes fabricados mediante modelado por deposición fundida*. Repositorio Institucional Universidad de la laguna. Laguna : s.n., 2017. [Tesis de pregrado, Universidad de la laguna].

DERCO CENTER. ¿Qué es el sistema de transmisión en un auto? [En línea] 2022. <https://www.dercocenter.cl/noticias/que-es-el-sistema-de-transmision-en-un-auto>.

E-CONSTRUIR. e-construir: tipos de cargas. [En línea] 2020. <http://e-construir.com/estructuras/cargas-muertas.html>.

EDIMAR. Fabricación aditiva: Definición, procesos y beneficios. [En línea] [Citado el: 15 de 10 de 2022.] <https://edimar.com/fabricacion-aditiva-que-es/>.

ENGINEERS RULE. SOLIDWORKS Simulation Makes Meshing Easy. Too Easy? [En línea] 2020. <https://www.engineersrule.com/solidworks-simulation-makes-meshing-easy-too-easy/>.

ENSIGNER. BRASIL ES. ABS - Acrilonitrilo butadieno estireno. [En línea] 2022. [Citado el: 19 de 12 de 2022.] <https://www.ensingerplastics.com/es-br/semielaborados/plasticos-industriales/abs>.

ESSS. Blog ESSS: Método de los elementos finitos. [En línea] 2020. <https://www.esss.co/es/blog/metodo-de-los-elementos-finitos-que-es/>.

FIA Karting. Reglamento técnico. [En línea] 2022. <https://www.fiakarting.com/page/technical-regulations>.

HIVE BLOG. Baterías de Ni-Cd ¿Cómo funcionan? [En línea] 2020. [Citado el: 20 de 10 de 2022.] <https://hive.blog/hive-196387/@emiliomoron/bater-as-de-ni-cd-c-mo-funcionan--1600691248>.

HMONG. Kart eléctrico. [En línea] 2022. [Citado el: 20 de 10 de 2022.] https://hmong.es/wiki/Electric_go-kart.

HOU, Tao y HUANG, Tingting. *Ultimate Tensile Strength in Fused Deposition Modeling Considering Process Parameters of Flow Rate and Printing Head Speed.* 2018.

HYE. Híbridos y eléctricos: Tren motriz es una expresión incorrecta. [En línea] 01 de 05 de 2021. [Citado el: 20 de 10 de 2022.] <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/tecnologia/tren-motriz-es-expresion-incorrec-ta-escrita-millones-enlaces-google/20210501135030044755.html>.

INGENIATIC. Motor eléctrico. [En línea] 2022. <https://www.etsist.upm.es/estaticos/ingeniatic/index.php/tecnologias/item/527-motor-el%C3%A9ctrico.html>.

INTERTEK. Flexural Properties ASTM D790, ISO 178. [En línea] [Citado el: 03 de 10 de 2022.] <https://www.ptli.com/testlopedia/tests/Flex-D790.asp>.

—. Propiedades de compresión ASTM D695, ISO 604. [En línea] [Citado el: 02 de 10 de 2022.] <https://www.intertek.com/polymers/testlopedia/compression-properties-astm-d695/#:~:text=Specimen%20size%3A,10%20x%204mm%20for%20strength..>

KARTING SALOU. Un recorrido por la historia de los karts. [En línea] 14 de 07 de 2019. [Citado el: 20 de 10 de 2022.] <https://kartingsalou.com/un-recorrido-por-la-historia-de-los->

&text=Las%20primeras%20bater%C3%ADas%20fueron%20las,son%20las%20de%20i%C3%B3n%20litio.&text=ha%20sido%20la%20m%C3%A1s%20utilizada,de%.

SAHU, Ashirbad. *Design and Analysis of Electric Go-Kart.* 2020.

SALAZAR GÓMEZ, Francisco. *Análisis de un kart de competición y de sus componentes.* 2018.

SHIMADZU. Métodos de prueba de tracción para plásticos: ASTM D638. [En línea] [Citado el: 02 de 10 de 2022.] <https://www.shimadzu.eu/industry/hpi/tensile-638#:~:text=Specimens%20for%20ASTM%20D638%20are,mm%20gauge%20length%20is%20recommended..>

SIERRA, Jairo Andrés Roa. Caracterización de las propiedades mecánicas a tensión del ácido poliláctico PLA procesado por manufactura aditiva FFF considerando la degradación por humedad y temperatura. *Universidad Santo Tomás.* [En línea] 2017. Bogotá D.C. .

Tecnología de los plásticos. *Tecnología de los plásticos.* 2022.

TONGBAO. Popular go kart chassis. [En línea] 2022. [Citado el: 20 de 10 de 2022.] <https://www.tongbaokarting.com/popular-go-kart-chassis-product/>.

VALDÉS GUAJARDO, Diana Isabel. *Desarrollo y optimización de la interfaz para la medición e interpretación de las pruebas de tensión en máquinas universales, mediante el uso de la instrumentación virtual.* México : s.n., 2017.

VELÁZQUEZ, Gonzalo Lugo. Resistencia a compresión de probetas fabricadas en PLA con distinto relleno. *Universidad de La Laguna.* [En línea] Marzo de 2022.

VILA, Jordi. *Proyecto de un kart eléctrico.* Catalunya : s.n., 2016.

VTBATTERIES. Ventajas y desventajas de las baterías de plomo ácido y litio. [En línea] 15 de 05 de 2021. [Citado el: 20 de 10 de 2022.] <https://vtpower.es/blog/2021/05/15/ventajas-y-desventajas-de-las-baterias-de-plomo-acido-y-litio/>.

ANEXOS

ANEXO A: NORMA TÉCNICA: Technical Regulations for Electric Karts (E-Karting), 2020.

RÈGLEMENT TECHNIQUE DE KARTING

Article 1	Classification
Article 2	Définitions
Article 3	Prescriptions générales
Article 4	Règlement général du châssis
Article 5	Règlement général du moteur
Article 6	Homologation, agréments et contrôles
Article 7	Équipement de sécurité du pilote
Article 8	Règlement du Groupe 1
Article 9	Règlement du Groupe 2
Article 10	Règlement du Groupe 3
Article 11	Règlement du Groupe 4

Annexes et dessins techniques
Seul le texte anglais fait foi.

ARTICLE 1: CLASSIFICATION

Catégories et Groupes

Les karts utilisés en compétition sont répartis dans les Groupes et Catégories suivants:

Groupe 1
KZ Cylindrée de 125 cm³

Groupe 2
KZ2 Cylindrée de 125 cm³
OK Cylindrée de 125 cm³
OK-N **Cylindrée de 125 cm³**
OK-Junior Cylindrée de 125 cm³

Groupe 3
Mini Cylindrée de 60 cm³

Groupe 4
Superkart Cylindrée de 250 cm³

ARTICLE 2: DÉFINITIONS

Les définitions et abréviations énumérées ci-dessous complètent celles figurant dans le Code Sportif International. Elles sont généralement utilisées dans tous les Règlements et Annexes.

FIA Fédération Internationale de l'Automobile
CIK-FIA Commission Internationale de Karting
FIA Karting Championnat organisé par la CIK-FIA
ASN Fédération Nationale ou Club reconnu par la FIA
comme détenteur du pouvoir sportif dans un pays

FA Fiche d'agrément
FH Fiche d'homologation
RH Règlement d'homologation
RS Règlement sportif
DT Dessin technique
RT Règlement technique

KZ Championnat FIA Karting selon le Règlement KZ

KZ2 Championnat FIA Karting selon le Règlement KZ2

KARTING TECHNICAL REGULATIONS

Article 1	Classification
Article 2	Definitions
Article 3	General Prescriptions
Article 4	General Chassis Regulations
Article 5	General Engine Regulations
Article 6	Homologation, Approvals and Controls
Article 7	Driver Safety Equipment
Article 8	Group 1 Regulations
Article 9	Group 2 Regulations
Article 10	Group 3 Regulations
Article 11	Group 4 Regulations

Appendices and technical drawings
Only the English text is deemed authentic.

ARTICLE 1: CLASSIFICATION

Categories and Groups

Karts used in competition are divided into the following Groups and Categories:

Group 1
KZ Cylinder capacity of 125 cm³

Group 2
KZ2 Cylinder capacity of 125 cm³
OK Cylinder capacity of 125 cm³
OK-N **Cylinder capacity of 125 cm³**
OK-Junior Cylinder capacity of 125 cm³

Group 3
Mini Cylinder capacity of 60 cm³

Group 4
Superkart Cylinder capacity of 250 cm³

ARTICLE 2: DEFINITIONS

The definitions and abbreviations listed below supplement those featuring in the International Sporting Code. They are generally used in all Regulations and Appendices.

FIA Fédération Internationale de l'Automobile
CIK-FIA Commission Internationale de Karting
FIA Karting Championship organised by the CIK-FIA
ASN National Federation or Club recognised by the FIA as
the holder of the sporting power in a country

AF Approval form
HF Homologation form
HR Homologation regulations
SR Sporting regulations
TD Technical drawing
TR Technical regulations

KZ FIA Karting Championship according to the
KZ Regulations

KZ2 FIA Karting Championship according to the KZ2 Regu-

OK	Championnat FIA Karting selon le Règlement OK
OK-Junior	Championnat FIA Karting selon le Règlement OK-Junior
Superkart	Championnat FIA Karting selon le Règlement Superkart
OK-N	Classe nationale selon le Règlement OK-N
Mini	Classe nationale selon le Règlement Mini

2.1 Définition d'un kart

Un kart est un véhicule terrestre monoplace avec des éléments de carrosserie, mais sans toit, cockpit ou suspension. Il possède quatre roues non alignées qui sont en contact avec le sol: les deux roues avant commandent la direction, alors que les deux roues arrière (reliées par un arbre monobloc) propulsent le kart. Seuls les pneus peuvent entrer en contact avec le sol lorsque le pilote est à bord. Les parties principales d'un kart sont le châssis, y compris la carrosserie, des roues et du moteur. La position de pilotage est sur le siège, les pieds vers l'avant. Les connexions par câble ou tube entre un kart et son pilote ne sont pas autorisées.

2.2 Sécurité du kart

Les karts ne sont autorisés à courir que s'ils sont conformes au RT et répondent aux normes de sécurité requises. Ils doivent être conçus et entretenus de manière à ne pas représenter un danger pour le pilote ou les autres concurrents.

2.3 Châssis

La structure globale d'un kart comprend les composants mécaniques et la carrosserie. Elle inclut toute pièce qui est interdépendante de cette structure globale.

2.3.1 Cadre de châssis

Le support principal du kart est fait d'un seul tenant et sert de base de connexion pour les pièces principales et auxiliaires du châssis.

2.3.2 Roue

Définie par la jante avec un pneu monté.

2.4 Moteur

2.4.1 Cylindrée

Déterminée par l'alésage et la course du cylindre du moteur. Le volume (V) est le volume balayé du piston entre le point mort haut et le point mort bas. Ce volume est spécifié en centimètres cubes (cm³).

Pour tous les calculs de cylindrée, le nombre "pi" est considéré comme étant 3,1416.

Calcul de la cylindrée:

$V = 0,7854 \times d^2 \times l \times n$, avec d = alésage, l = course et n = nombre de cylindres.

2.4.2 Canaux ou conduits

Éléments cylindriques ou cylindro-coniques permettant le passage des gaz, quelle que soit la longueur ou la position de ces éléments. Le nombre de canaux ou conduits est la quantité totale d'éléments

lations

OK	FIA Karting Championship according to the OK Regulations
OK-Junior	FIA Karting Championship according to the OK-Junior Regulations
Superkart	FIA Karting Championship according to the Superkart Regulations
OK-N	National class according to the OK-N Regulations
Mini	National class according to the Mini Regulations

2.1 Definition of a kart

A kart is a single-seater land vehicle with bodywork elements but without a roof, cockpit or suspension. It has four non-aligned wheels that are in contact with the ground: the two front wheels control the steering, while the two rear wheels (connected by a one-piece axle) propel the kart. Only the tyres may come into contact with the ground when the driver is on board. The main parts of a kart are the chassis, including the bodywork, the wheels and the engine. The driving position is on the seat, with feet to the front. Cable or tube connections between a kart and its driver are not allowed.

2.2 Kart safety

Karts are only allowed to race if they comply with the TR and meet required safety standards. They must be designed and maintained in a way that does not present a danger for the driver or for other competitors.

2.3 Chassis

The overall structure of a kart comprises the mechanical components and the bodywork. It includes any part that is interdependent of this overall structure.

2.3.1 Chassis frame

The main supporting part of the kart is made of one piece and serves as a connecting base for the main and auxiliary chassis parts.

2.3.2 Wheel

Defined by the rim with a mounted pneumatic tyre.

2.4 Engine

2.4.1 Cylinder capacity

Determined by the bore and stroke of the engine's cylinder. The volume (V) is the swept volume of the piston between the top dead centre and the bottom dead centre. This volume is specified in cubic centimetres (cm³).

For all cylinder capacity calculations, the number «pi» is taken to be 3.1416.

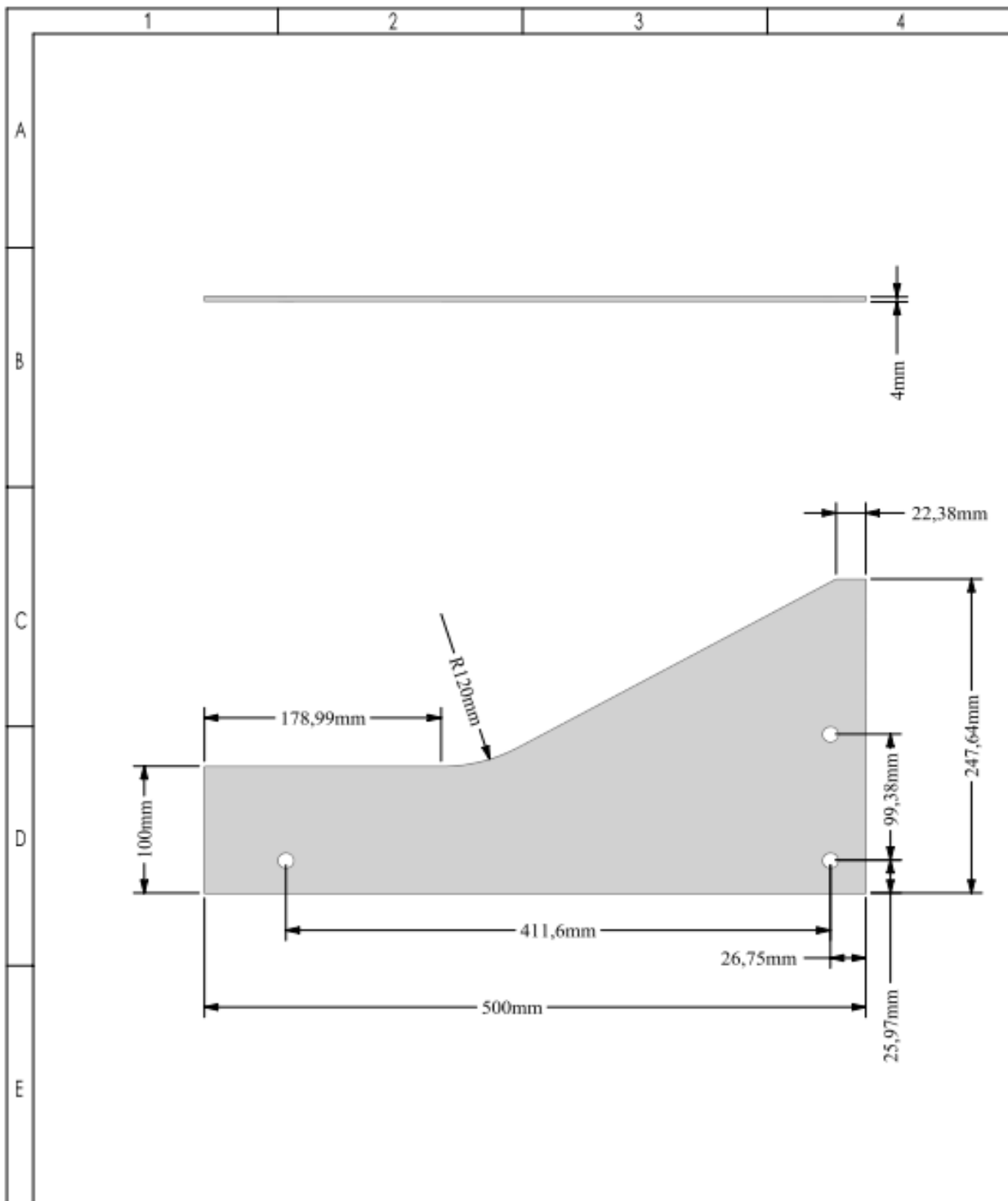
Calculation of cylinder cubic capacity:



$V = 0.7854 \times d^2 \times l \times n$, with d = bore, l = stroke and n = number of cylinders.

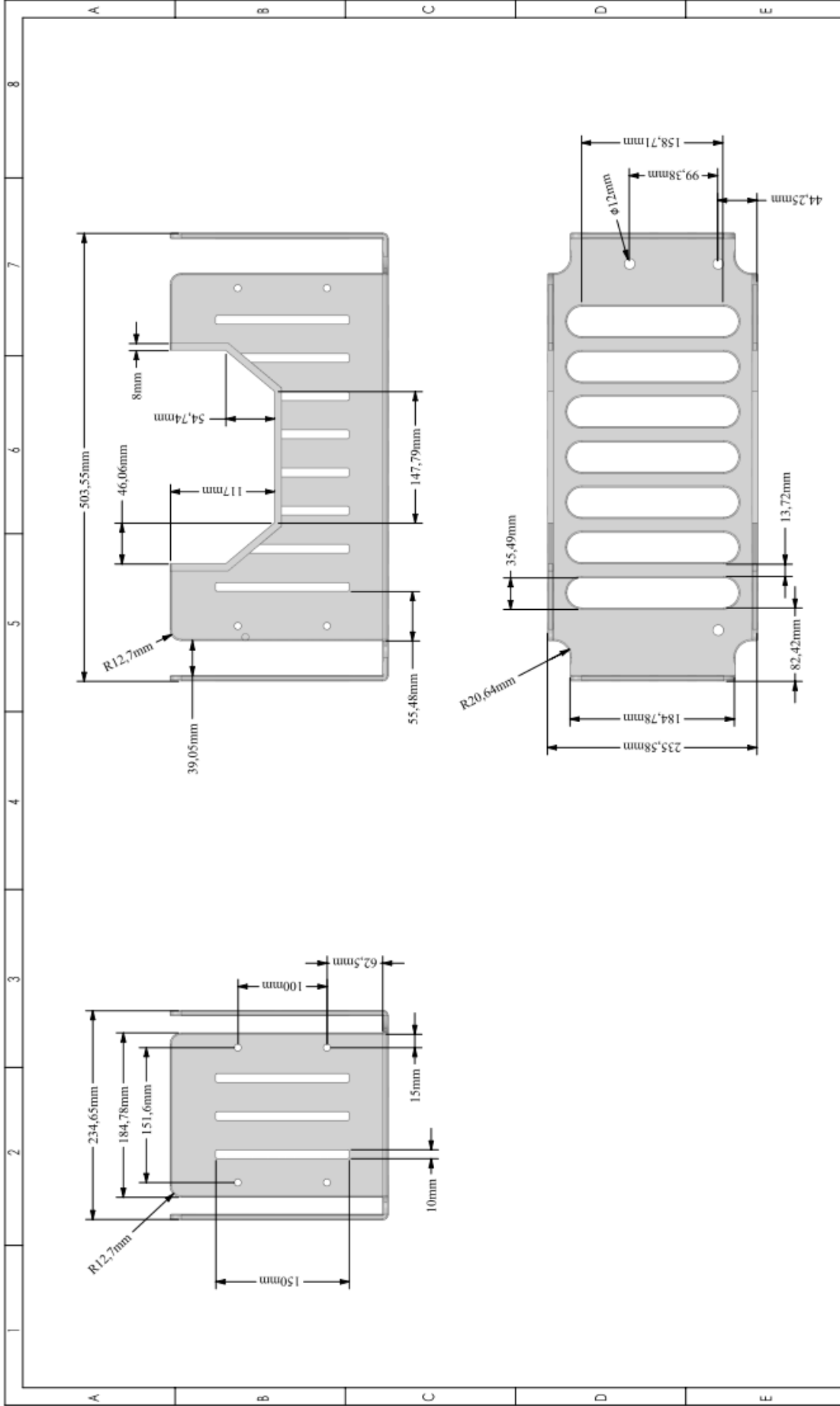
2.4.2 Ducts or passages

Cylindrical or cylindrical-conical elements allowing for the passage of gases regardless of the length or position of these elements. The number of ducts or passages is the greater quantity of cylin-

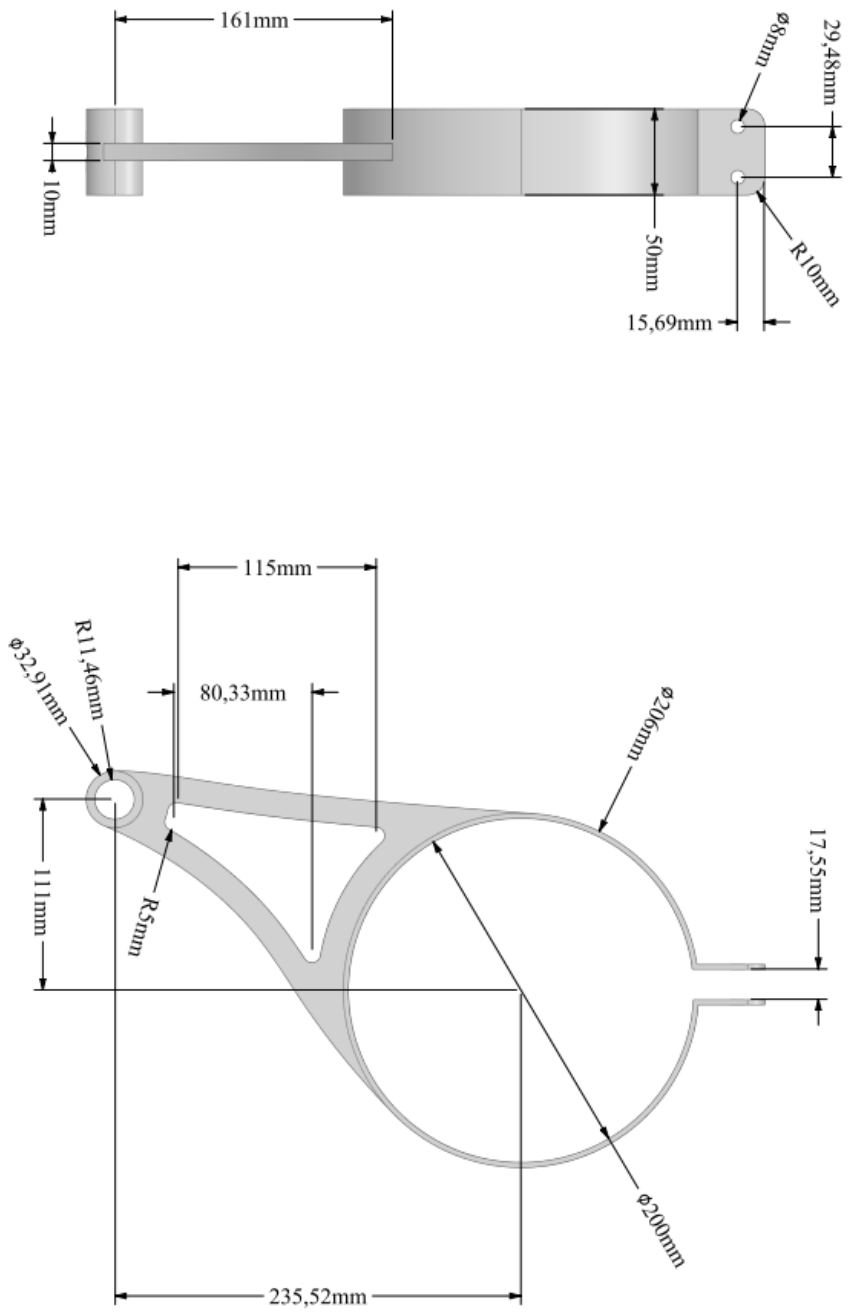
ANEXO B: PLANOS DE CONSTRUCCIÓN




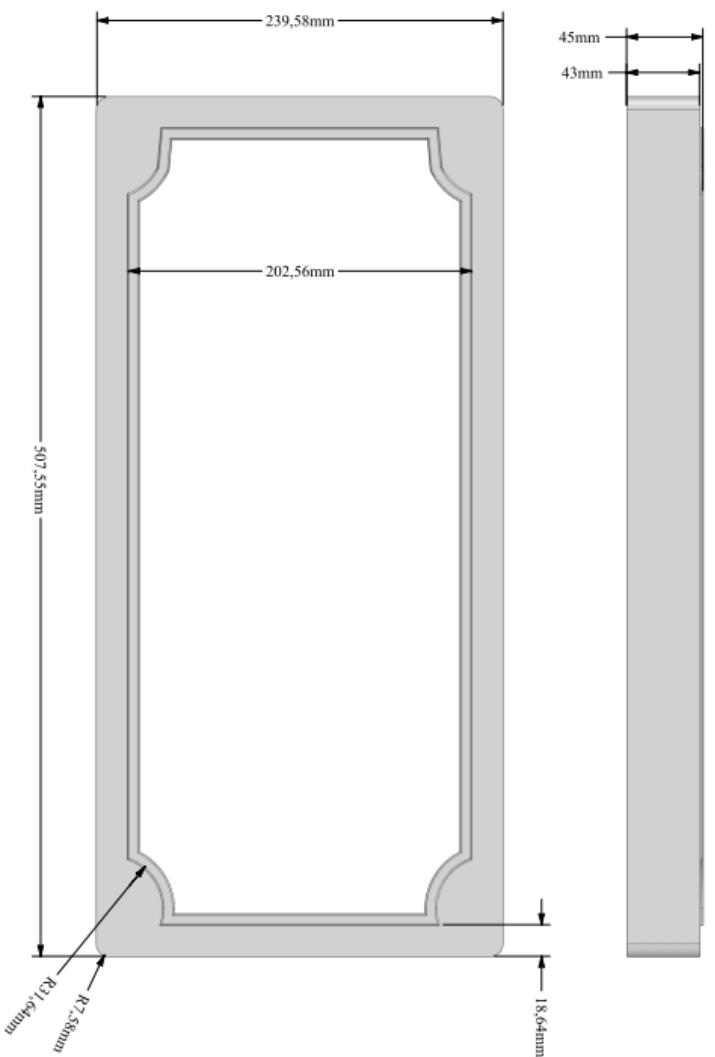
N°. Lámina: 1 de 1		N°. Hojas:		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ							
Email: kamilameja98@gmail.com Teléfonos: 0999953898						Denominación:						Peso [Kg]		Tolerancia	
Datos		Nombre		Firma		Fecha		2,29				1:4			
Proyectó		Sra. Mejía K.				23-01-23									
Dibujó		Sra. Mejía K.				23-01-23									
Revisó		Ing. Bravo D.				23-01-23		Materiales:		<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE LA ESPOCH. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, SIN AUTORIZACIÓN, CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY.</small>					
Aprobó		Ing. Bravo D.				23-01-23		AISI 4130 Steel, normalized at 870°C (1600°F) Nombre de archivo:							



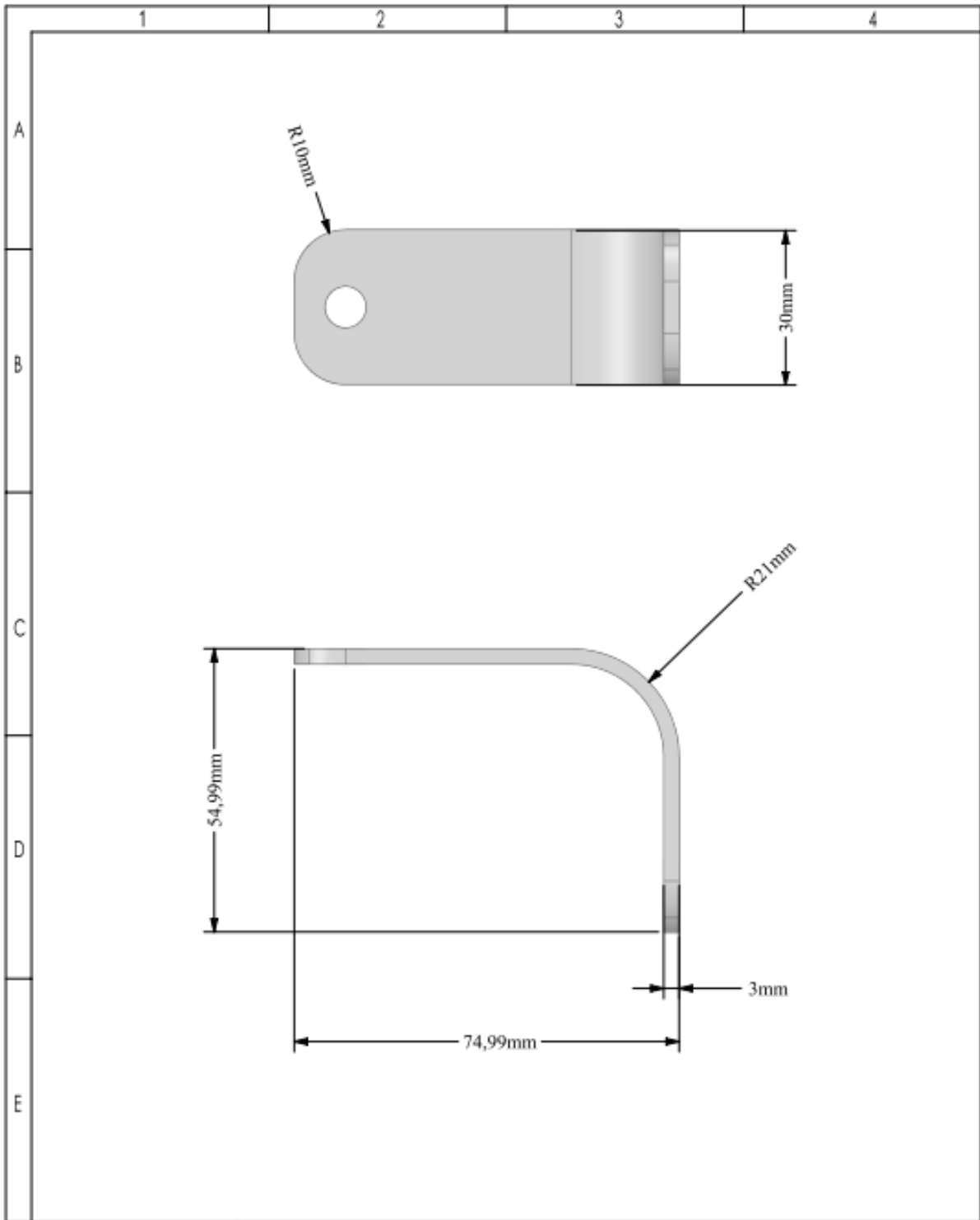
N.º Lámina:		N.º Hojas:		Sustitución:		Codificación:	
1 de 1		Email: kamilianaj8@gmail.com Teléfono: 099953386		Denominación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ	
Datos		Firma		Fecha		Registro	
Nombre		Sra. Mejía K.		23-01-23		Escala	
Proyecto		Sra. Mejía K.		23-01-23		1:4	
Dibujo		Ing. Bravo D.		23-01-23		Este documento pertenece EXCLUSIVAMENTE A ESPOCH Y NO DEBE SER REPRODUCIDO PARCIAL NI TOTALMENTE SIN EL CONSENTIMIENTO DE LOS CORRESPONDIENTES DEL ESPOCH. INELABORABLE.LYD	
Revisó		Ing. Bravo D.		23-01-23		Materiales	
Aprobó		Ing. Bravo D.		23-01-23		Nombre de archivo:	



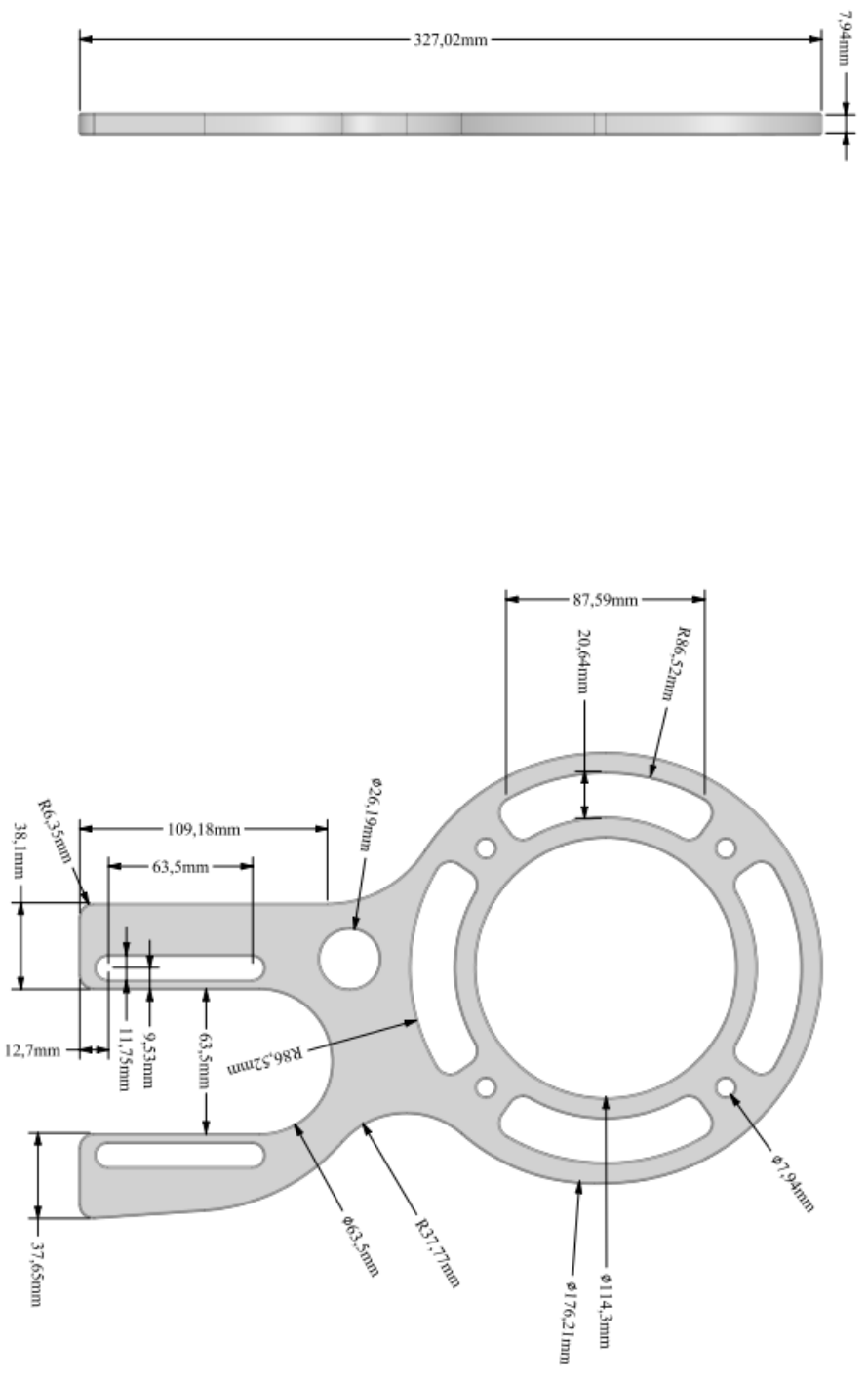
N° Linea:	N° Hoja:	Sustitución:		Codificación:	
1 de				Dramaturgia	
Email: karimungu@guayaquil.com					
Teléfono: 099995388					
Datos	Nombre	Firma	Fecha		
Hoysal	Sra. Mijela K.		15/01/23		
Dibujo	Sra. Mijela K.		15/01/23		
Revisó	Ing. Bruno D.		15/01/23	Materiales:	
Aprobó	Ing. Bruno D.		15/01/23	Número de archivo:	
ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ					
Peso [kg]	Tolerancia	Estado	Registro		
1.59		2.5			
CON DOCUMENTOS REVISADOS RESPECTO A SU DISEÑO Y CALIDAD PARA EL USO ALTERNATIVO DE MATERIALES Y/O COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE TRANSMISIÓN Y ALIVIO					



A		B		C		D		E		F	
1		2		3		4		5		6	
7		8		9		10		11		12	
13		14		15		16		17		18	
19		20		21		22		23		24	
25		26		27		28		29		30	
31		32		33		34		35		36	
37		38		39		40		41		42	
43		44		45		46		47		48	
49		50		51		52		53		54	
55		56		57		58		59		60	
61		62		63		64		65		66	
67		68		69		70		71		72	
73		74		75		76		77		78	
79		80		81		82		83		84	
85		86		87		88		89		90	
91		92		93		94		95		96	
97		98		99		100		101		102	
103		104		105		106		107		108	
109		110		111		112		113		114	
115		116		117		118		119		120	
121		122		123		124		125		126	
127		128		129		130		131		132	
133		134		135		136		137		138	
139		140		141		142		143		144	
145		146		147		148		149		150	
151		152		153		154		155		156	
157		158		159		160		161		162	
163		164		165		166		167		168	
169		170		171		172		173		174	
175		176		177		178		179		180	
181		182		183		184		185		186	
187		188		189		190		191		192	
193		194		195		196		197		198	
199		200		201		202		203		204	
205		206		207		208		209		210	
211		212		213		214		215		216	
217		218		219		220		221		222	
223		224		225		226		227		228	
229		230		231		232		233		234	
235		236		237		238		239		240	
241		242		243		244		245		246	
247		248		249		250		251		252	
253		254		255		256		257		258	
259		260		261		262		263		264	
265		266		267		268		269		270	
271		272		273		274		275		276	
277		278		279		280		281		282	
283		284		285		286		287		288	
289		290		291		292		293		294	
295		296		297		298		299		300	
301		302		303		304		305		306	
307		308		309		310		311		312	
313		314		315		316		317		318	
319		320		321		322		323		324	
325		326		327		328		329		330	
331		332		333		334		335		336	
337		338		339		340		341		342	
343		344		345		346		347		348	
349		350		351		352		353		354	
355		356		357		358		359		360	
361		362		363		364		365		366	
367		368		369		370		371		372	
373		374		375		376		377		378	
379		380		381		382		383		384	
385		386		387		388		389		390	
391		392		393		394		395		396	
397		398		399		400		401		402	
403		404		405		406		407		408	
409		410		411		412		413		414	
415		416		417		418		419		420	
421		422		423		424		425		426	
427		428		429		430		431		432	
433		434		435		436		437		438	
439		440		441		442		443		444	
445		446		447		448		449		450	
451		452		453		454		455		456	
457		458		459		460		461		462	
463		464		465		466		467		468	
469		470		471		472		473		474	
475		476		477		478		479		480	
481		482		483		484		485		486	
487		488		489		490		491		492	
493		494		495		496		497		498	
499		500		501		502		503		504	
505		506		507		508		509		510	
511		512		513		514		515		516	
517		518		519		520		521		522	
523		524		525		526		527		528	
529		530		531		532		533		534	
535		536		537		538		539		540	
541		542		543		544		545		546	
547		548		549		550		551		552	
553		554		555		556		557		558	
559		560		561		562		563		564	
565		566		567		568		569		570	
571		572		573		574		575		576	
577		578		579		580		581		582	
583		584		585		586		587		588	
589		590		591		592		593		594	
595		596		597		598		599		600	
601		602		603		604		605		606	
607		608		609		610		611		612	
613		614		615		616		617		618	
619		620		621		622		623		624	
625		626		627		628		629		630	
631		632		633		634		635		636	
637		638		639		640		641		642	
643		644		645		646		647		648	
649		650		651		652		653		654	
655		656		657		658		659		660	
661		662		663		664		665		666	
667		668		669		670		671		672	
673		674		675		676		677		678	
679		680		681		682		683		684	
685		686		687		688		689		690	
691		692		693		694		695		696	
697		698		699		700		701		702	
703		704		705		706		707		708	
709		710		711		712		713		714	
715		716		717		718		719		720	
721		722		723		724		725		726	
727		728		729		730		731		732	
733		734		735		736		737		738	
739		740		741		742		743		744	
745		746		747		748		749		750	
751		752		753		754		755		756	
757		758		759		760		761		762	
763		764		765		766		767		768	
769		770		771		772		773		774	
775		776		777		778		779		780	
781		782		783		784		785		786	
787		788		789		790		791		792	
793		794		795		796		797		798	
799		800		801		802		803		804	
805		806		807		808		809		810	
811		812		813		814		815		816	
817		818		819		820		821		822	
823		824		825		826		827		828	
829		830		831		832		833		834	
835		836		837		838		839		840	
841		842		843		844		845		846	
847		848		849		850		851		852	
853		854		855		856		857		858	
859		860		861		862		863		864	
865		866		867		868		869		870	
871		872		873		874		875		876	
877		878		879		880		881		882	
883		884		885		886		887		888	
889		890		891		892		893		894	
895		896		897		898		899		900	
901		902		903		904		905		906	
907		908		909		910		911		912	
913		914		915		916		917		918	
919		920		921							



N. Lámina: 1 de 1		N. Hojas:		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ							
Email: kamilameja98@gmail.com Teléfonos: 0999053898						Denominación:						Peso [Kg]		Tolerancia	
Datos		Nombre		Firma		Fecha		0,01				1:1			
Proyectó		Sra. Mejía K.				23-01-23		Materiales:		A36		<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE LA ESPOCH. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, NO AUTORIZADA, CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY.</small>			
Dibujó		Sra. Mejía K.				23-01-23									
Revisó		Ing. Bravo D.				23-01-23		Nombre de archivo:							
Aprobó		Ing. Bravo D.				23-01-23									



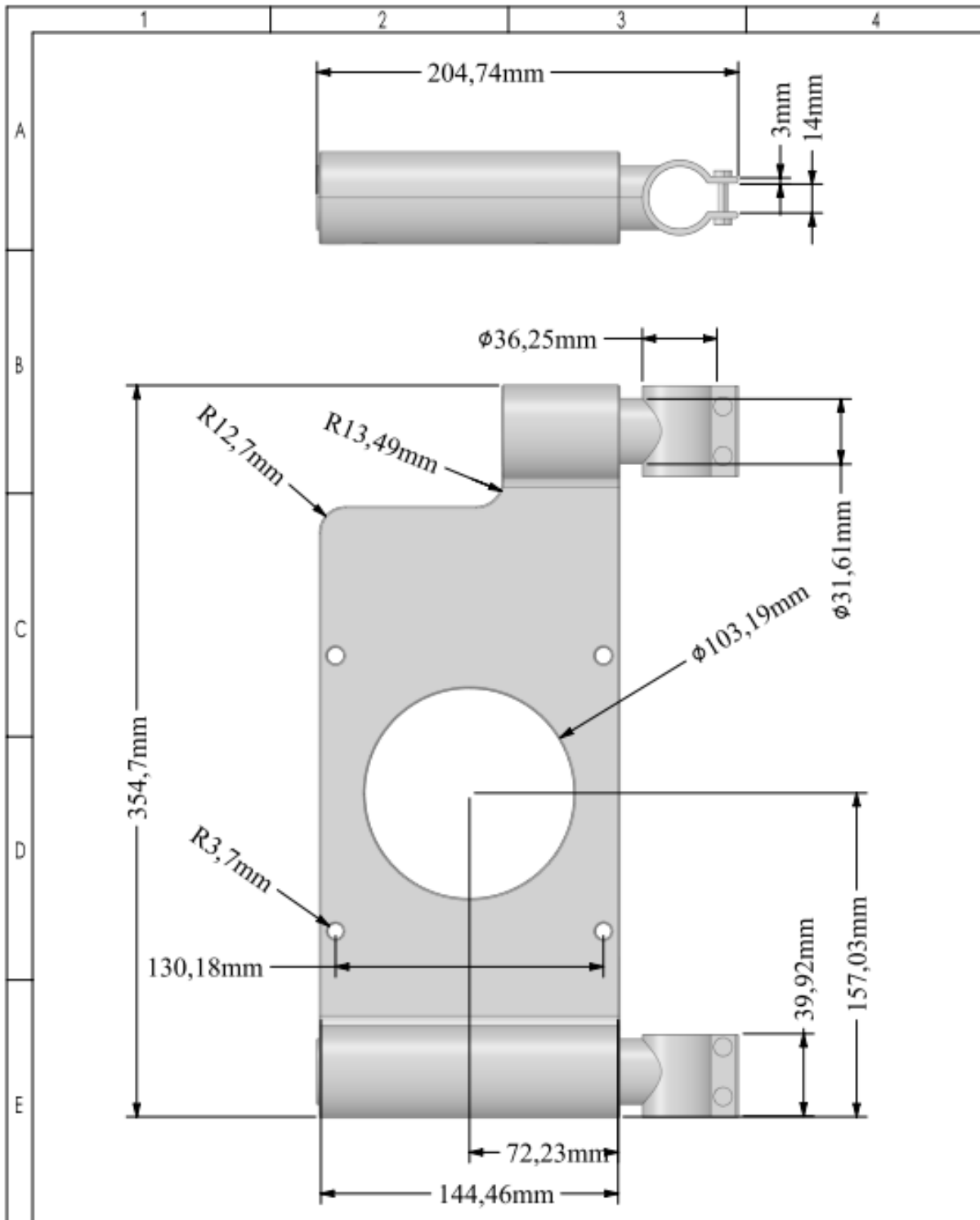
A		2		3		4		5		6		7		8	
E		D		C		B		A		E		D		C	
F		2		3		4		5		6		7		8	


N° Límite 1 de 1		N° Hojas		Sustitución:		Código de identificación		Escala		Escala		Escala		Escala	
Email: kamhangid@ugm.ac.id		Teléfono: 0899953398		Firma		Denominación		Peso [kg]		Tolerancia		Escala		Escala	
Datos		Nombre		Fecha		Materiales		1.52				1:2		Bogijito	
Proyecto		San Maja K		25-01-23		ANSI 4130 Steel, normalizado al 100°C (1000°F)								Bogijito	
Diseño		San Maja K		25-01-23		Número de archivo								Bogijito	
Revisión		Hig. Brian D		25-01-23										Bogijito	
Ayudante		Hig. Brian D		25-01-23										Bogijito	

ESPOCH
FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ







N. Lámene: 1 de 1		N. Hojas:		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ							
Email: kamilameja98@gmail.com Teléfonos: 0999953898						Denominación:						Peso [Kg]		Tolerancia	
Datos		Nombre		Firma		Fecha		0,43				2:5			
Proyectó		Sra. Mejía K.				23-01-23		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE LA ESPOCH. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, SIN AUTORIZACIÓN, CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY.							
Dibujó		Sra. Mejía K.				23-01-23									
Revisó		Ing. Bravo D.				23-01-23									
Aprobó		Ing. Bravo D.				23-01-23		Materiales: AISI 4130 Steel, normalized at 870°C (1600°F)		Nombre de archivo:		