



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**DISEÑO DE JIG DE SOLDADURA PARA EL BASTIDOR DE UN
VEHÍCULO TIPO BUGGY MONOPLAZA USANDO SOFTWARE
CAD/CAE**

AUTORES: Bastidas Arroyo Diego Santiago

Urgilés Acosta David Alejandro

DIRECTOR: MSc. Edwin Salomón Arroyo Terán

IBARRA 2023

CERTIFICADO

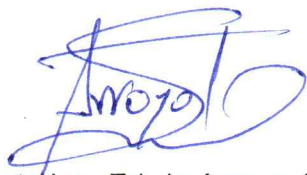
ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es "Diseño de JIG de soldadura para el bastidor de un vehículo monoplaza tipo Buggy usando software CAD/CAE" presentado por los señores: Bastidas Arroyo Diego Santiago y Urgilés Acosta David Alejandro con números de cédula 1003622543 y 1004682629, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 20 días del mes Noviembre del 2023.



Atentamente Ing. Edwin Arroyo. MSc
DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003622543		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Bastidas Arroyo Diego Santiago		
DIRECCIÓN:	GARZON FONSECA 2-70 Y JOSE MANUEL YEPEZ		
EMAIL:	dsbastidasautn@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062615759	TELÉFONO MÓVIL:	0995573494

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004682629		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Urgilés Acosta David Alejandro		
DIRECCIÓN:	AV. MARIANO ACOSTA 557 Y JUAN GENARO JARAMILLO		
EMAIL:	daurgilesa@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	N/d	TELÉFONO MÓVIL:	0981292852

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Diseño de JIG de soldadura para el bastidor de un vehículo monoplaza tipo Buggy usando software CAD/CAE
AUTOR (ES):	Bastidas Arroyo Diego Santiago Urgilés Acosta David Alejandro
FECHA: DD/MM/AAAA	21/11/2023
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería Automotriz
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Edwin Arroyo, MSc.

2. CONSTANCIAS

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 21 días del mes de noviembre de 2023

LOS AUTORES:


Bastidas Arroyo Diego Santiago


Urgilés Acosta David Alejandro

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado se los dedico a mis padres, Diego y Edith a los que les agradezco infinitamente su apoyo, todas las palabras de aliento y la motivación que me dieron para que más que ser un buen profesional sea una gran persona. A mis abuelos les agradezco por enseñarme a valorar el trabajo.

También les quiero agradecer a mis hermanas que siempre han estado ahí. A mis amigos que nunca les faltó palabras para apoyarme y a mi familia que velaba por mí, ayudándome, guiándome y más que todo con su ejemplo de trabajo duro.

A todos ustedes les agradezco de todo corazón.

Diego Bastidas

El presente trabajo de grado se lo dedico a mi querida madre Verónica Acosta la cual sin su apoyo incondicional y cariño me ha apoyado a seguir adelante con este proyecto, a llenarme de palabras de aliento y a ser una excelente persona y no dejarme desmayar, a mi abuelo Edmundo Acosta que me formo como un hombre trabajador y honesto y siempre tuve su apoyo en todo momento.

A mis hermanos Gabriel Urgilés, Roberto Urgilés y Martin Valiente por ser el motivo de cada día demostrar que, con trabajo duro, dedicación y sacrificio se puede obtener lo que se desea, y ser un ejemplo para que ellos también sean excelentes profesionales.

David Urgilés

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi agradecimiento a la Universidad Técnica del Norte por ser mi lugar de estudio, donde conocí a personas extraordinarias con las cuales compartí y aprendí muchas cosas. Le agradezco a mi tutor Msc. Edwin Arroyo por guiarnos y mostrar sus conocimientos en el tema, sin el cual hubiese sido mucho más difícil completar. también le quiero agradecer a los profesores que me guiaron y formaron día a día en los salones de clases.

Diego Bastidas

Agradezco a la Universidad Técnica del Norte por ser mi segundo hogar durante muchos años y me lleno de verdaderas amistades y conocimiento para mi formación profesional.

A mi tutor el Msc. Edwin Arroyo por su apoyo y ayuda con el proyecto que se llevó a cabo ya que sin su experiencia y conocimientos no lo habríamos logrado solos. De igual manera a cada uno de mis profesores que me guiaron a lo largo de mi vida estudiantil y gracias a sus consejos, experiencia y paciencia me formaron como excelente profesional y como persona.

David Urgilés

INDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	viii
INTRODUCCION	x
CAPÍTULO I	1
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Situación Actual	2
1.3. Planteamiento del problema	2
1.4. Objetivos	3
1.5. Alcance	3
1.6. Justificación	4
1.7. JIG´S de soldadura	4
1.8. Tipos de JIG´S de soldadura	5
1.9. Chasis o bastidor	7
1.10. Funcionamiento de JIGs para la fabricación de bastidores	8
1.11. Seguridad al momento de colisión	8
1.12. Parámetros de diseño	9
1.13. Reglamentación	9
CAPÍTULO II	11
2. MATERIALES Y MÉTODOS	11

2.1.	Materiales	11
2.2.	Métodos	13
CAPÍTULO III		27
3.	Resultados y Discusión	27
3.1.	Simulaciones CAD CAE	27
3.2.	Creación del Jig	32
3.3.	Evaluación del Jig	32
CAPITULO IV		39
4.	Conclusiones y Recomendaciones	39
4.1.	Conclusiones	39
4.2.	Recomendaciones	40
Referencias		42
Anexos		64

INDICE DE FIGURAS

FIGURA NÚM.	PÁGINA
1.1 Modelo de Jig de soldadura	5
1.2 Modelo Jig de soldadura móvil	6
1.3 Modelo de Jig de soldadura estático.....	6
1.4 Chasis tubular.....	7
1.5 Seguridad del piloto en la Formula 1.....	8
2.1 Modelado del bastidor	13
2.2 Simulación de impacto frontal.....	16
2.3 Simulación de impacto lateral	19
2.4 Simulación de impacto por vuelco	21
2.5 Jig de soldadura para la fabricación del bastidor.....	22
2.6 Arcos principales sobre la matriz de soldadura	23
2.7 Arcos principales soldados entre si	23
2.8 Estructura del bastidor conformada por arcos principales delanteros y traseros.....	24
2.9 Soldadura de miembros estructurales del bastidor mediante proceso MIG	25
2.10 Bastidor con todos sus miembros estructurales soldados.....	25
2.11 Sujeción de asiento, cinturones de seguridad y corta fuegos	26
3.1 Parámetros de simulación impacto frontal	27
3.2 Deformación del bastidor después del impacto frontal	28
3.3 Parámetros de simulación para impacto lateral	29
3.4 Deformación del bastidor después del impacto lateral.....	29
3.5 Parámetros de simulación para impacto por vuelco	30

3.6	Deformación del bastidor después del impacto por vuelco.....	31
3.7	Diseño del bastidor sobre Jig de soldadura.....	32
3.8	Estructura delantera conformada por los arcos principales.....	33
3.9	Desbaste y sujeción de miembros laterales del bastidor.....	33
3.10	Suelda total del bastidor con proceso MIG.....	34
3.11	Estructura del bastidor finalizada.....	34

INDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN NÚM.	PÁGINA
Ecuación 2.1	14
Ecuación 2.2	15
Ecuación 2.3	15
Ecuación 2.4	17
Ecuación 2.5	17
Ecuación 2.6	18
Ecuación 2.7	20
Ecuación 2.8	20

INDICE DE TABLAS

TABLA NÚM.	PÁGINA
Tabla 3.1 Deformaciones de los diferentes impacto.....	31
Tabla 3.2 Materiales utilizados en el Jig	35
Tabla 3.3 Materiales utilizados en el bastidor	35
Tabla 3.4 Insumos utilizados en el Jig.....	35
Tabla 3.5 Insumos utilizados en el bastidor	4236
Tabla 3.6 Consumibles utilizados en el Jig	36
Tabla 3.7 Consumibles utilizados en el bastidor	37
Tabla 3.8 Gastos totales en la fabricacion del Jig	37
Tabla 3.9 Gastos totales en la fabricacion del bastidor	37
Tabla 3.10 Gastos totales en la fabricacion del Jig y bastidor	38

INDICE DE ANEXOS

ANEXO Núm.	PÁGINA
Anexo A.1 Diseño del bastidor	47
Anexo A.2 Materiales Utilizados para la fabricación del bastidor	48
Anexo A.3 Herramientas utilizadas para la fabricación.....	49
Anexo A.4 Estructura del JIG de soldadura	50
Anexo A.5 Fijacion de arcos principales al JIG.....	51
Anexo A.6 Fabricacion y acople de miembros estructurales laterales.....	52
Anexo A.7 Impelemtacion de asiento y cinturon de seguridad.....	53
Anexo A.8 Planos de Jig de soldadura y Bastidor.....	54

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tuvo como objetivo diseñar y fabricar un JIG de soldadura para la fabricación de un bastidor de un vehículo monoplaza tipo buggy. Para cumplir dicho objetivo se diseñó un bastidor el cual tuvo como objetivo proporcionar de espacio suficiente para el piloto y este tuviera una conducción segura y cómoda. Para esto se tomó en cuenta un espacio de 3 pulgadas de distancia de los hombros al bastidor y una distancia de 6 pulgadas de la cabeza del piloto a la parte superior del bastidor. También se consideró el tipo de tren de potencia que se usaría posteriormente en el proyecto y así de esta manera ajustar el bastidor a dimensiones que permitiesen la introducción de estos componentes. Para la fabricación del bastidor se implementó materiales de fácil acceso en el medio como tubería redonda de acero estructural y herramientas de desbaste, corte y pulido para cada uno de los miembros además de una unión con proceso de soldadura MIG. Se diseñó y fabricó una matriz o JIG de soldadura el cual ayuda con la sujeción de miembros estructurales principales y la fabricación fuera eficiente y eficaz utilizando tubería cuadrada como guía sobre todo de la parte inferior del bastidor y de sus arcos principales también unida con proceso de soldadura MIG. El proyecto tubo los resultados esperados y se consiguió una estructura firme del bastidor con el espacio necesario para la seguridad del piloto acorde a los planos definidos por el software SolidWorks. También el JIG de soldadura ayudó de la forma esperada a la fabricación del bastidor con la optimización de tiempo y materiales para su fabricación, y sirvió de guía para cada miembro estructural que lo conforman y facilita la reproducibilidad del bastidor.

ABSTRAC

This research work has the aim of the design and fabrication of a JIG for a monocoque buggy like vehicle. To achieve this goal, we design a frame which can give enough room for the driver, focusing on safe driving and comfort. For this we considered a couple of measurements from the shoulders to the frame been 3 inches apart as well as from the helmet to the roof of the frame been 6 inches apart. The power train that is going to be used on the project is used to get some measurements which give us the possibility to take or put various elements to make it fit. For the fabrication we use easy to access and common materials such as round pipe, grinding and cutting power tools, also the welding of the metal elements using MIG welding prosses. The design and fabrication on the JIG help fixing the main elements of the frame making the fabrication efficient and effective using square pipe as a guide holding elements of the under frame and the roll bar and joining them using MIG welding prosses. The results the project expected were achieved by making a sturdy frame whit enough room for driver safety always following the blueprints defined on the Solid Works software. Also, the JIG helped as expected on the fabrication of the frame working as a guide for the different structural members of the frame, as well it can be reproduced on an effortless way.

INTRODUCCIÓN

En la comunidad universitaria la mayoría de los estudiantes de la carrera de ingeniería automotriz uno de sus sueños propósitos es fabricar un vehículo en el cual puedan demostrar su destreza al volante y su ingenio al momento de crear algo. Así, se busca que la seguridad sea un factor importante al realizar este tipo de deportes y garantizar la supervivencia al momento de una colisión sin exponer partes importantes del cuerpo. El proyecto pretende que la fabricación del bastidor proporcione de seguridad al piloto y su fabricación sea fácil, rápida y, sobre todo, que los materiales sean de fácil acceso en el medio, y económicamente accesible al momento de su construcción. Para esto se realizaron diseños de un JIG de soldadura y del bastidor que cumplan con los requerimientos establecidos y evaluar la funcionalidad del JIG de soldadura fabricando un chasis tubular que se pueda reproducir ilimitado número de veces.

CAPÍTULO I

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Antecedentes

El diseño y la manufactura de vehículos monoplaza motiva a los estudiantes para que estos desarrollen nuevas habilidades y actitudes que sin duda son la parte más emocionante de aprender. Los estudiantes se interesan y participan por la pasión de diseñar, fabricar, competir y el gusto por los automotores. “El trabajo colaborativo y en grupo es de agrado para los miembros del equipo” (García et al., 2015).

El chasis es fundamental para cualquier vehículo, la manufactura de un bastidor debe considerar componentes del vehículo como suspensión delantera y trasera, frenos, espacio para el motor, soportar grandes fuerzas de los impactos y soporte de peso de los demás componentes. También debe tomar en cuenta ergonomía y confort del conductor (Vivek et al , 2021).

El bastidor del vehículo debe cumplir con ciertos requerimientos para cumplir con funciones esenciales. Cubriendo las partes mecánicas y ser capaz de manejar las cargas estáticas y dinámicas (Buddha et al, 2020).

El primer paso que se toma en cuenta será el diseño usando un software para ayudarnos a dibujar las partes que luego formaran el ensamble en el prototipo final (García et al., 2015).

Los diseños mediante (CAD) en programas computarizados permiten el diseño de bastidores y el análisis de estos ante esfuerzos en las diferentes áreas que forman parte del arco de supervivencia del conductor.

Los buggy son vehículos netamente diseñados para que circulen en diferentes tipos de terreno, el diseño del chasis tubular tendrá la característica de ser ligero. Bruce F. Meyers realizó el primer modelo hace más de 50 años sobre la base de un Volkswagen escarabajo. Para poder desplazarse en la arena de las playas buscando nuevas formas de divertirse

El diseño debe ser ergonómico, ser resistente tomando en cuenta la optimización de recursos, también diseñado que sea liviano para el uso fuera de la carretera. Se busca siempre mantener el centro de gravedad lo más bajo posible, mejorando la aceleración y reduciendo el riesgo de volcamiento (Buddha et al, 2020).

Los JIG's o matrices son la representación física de transformación de habilidad. Las habilidades, experiencia, diseño e ingeniería serán plasmados en una matriz que será usada continuamente y estará disponible para personas sin muchos conocimientos. El éxito de una matriz es tal que sea a prueba de la inexperiencia lo cual contribuirá a la seguridad del usuario y el trabajo (Hoffman, 2004).

Usualmente los procesos de soldadura producen deformaciones y tensiones que no son contempladas en diseños mediante software (CAD). Y estas deformaciones afectaran las dimensiones de las estructuras y modifican el aspecto del producto (Ninshu et al, 2015).

1.2. Situación Actual

La industria automotriz en el país no ha sido desarrollada en su máxima expresión, en el Ecuador existen empresas que solo ensamblan autos, General Motors, Ciauto y Aymesa. Según (ESPOL, s.f.), “existen siete marcas las que han ensamblado vehículos este año en el país entre enero y septiembre. Estas marcas son: Chevrolet, Kia, Great Wall, Hyundai, Jak, Volkswagen y Zotye”. Pero estos autos son netamente diseñados en el exterior y en el país tenemos la carencia del desarrollo e innovación en el ámbito automotriz

Por otro lado, las nuevas leyes han dejado limitados los proyectos por talleres particulares en la región, las antiguas competencias de 4x4 y autos prototipo cada día se ven menos en el medio de competencia regional.

En nuestro entorno, tener un vehículo así para un estudiante es demasiado costoso, por eso se busca cómo la Universidad lo tenga para que los estudiantes dispongan de él y puedan realizar prácticas de los diferentes componentes y adquirir diferentes destrezas con un criterio propio e ingenieril.

1.3. Planteamiento del problema

En la construcción de bastidores tubulares se encuentra con la necesidad de garantizar la seguridad del piloto en caso de un accidente dejando expuestas partes importantes del

cuerpo humano que podrían verse afectadas y ser capaz de resistir impactos, de igual manera el ser soporte de los sistemas auxiliares del vehículo.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Diseñar el JIG de soldadura para el bastidor de un vehículo monoplaza tipo Buggy usando software CAD/CAE.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Diseñar el bastidor para un vehículo tipo Buggy, usando software CAD / CAE.
- Modelar un JIG de soldadura para el bastidor, mediante el uso de software computacional.
- Construir una matriz para la fabricación de bastidores tipo buggy monoplaza mediante el diseño con software CAD, CAE.
- Evaluar la funcionabilidad del JIG de soldadura mediante la fabricación de un bastidor para un vehículo tipo buggy.

1.5. Alcance

Este proyecto busca elaborar un JIG, herramienta que permita reproducir elementos mecánicos con parámetros pre establecidos para elaborar bastidores considerando los parámetros fundamentales, como la seguridad primordial en caso de colisión, ergonomía capaz de proporcionar al piloto las comodidades para que este solo se encargue de navegar sin afectar su postura y adaptación de sistemas auxiliares como el tren motriz, dirección y frenos que impulsan y detengan al vehículo, dándole seguridad al piloto para su maniobrabilidad. La construcción de la matriz permitirá que estudiantes futuros pueda realizar sus vehículos contando con los planos y el JIG para su construcción, competir a un bajo costo ya que tendrán que comprar solo el material necesario y bajo las mismas condiciones por la reproducibilidad que otorga el JIG.

1.6. Justificación

El diseño y fabricación del JIG y bastidor se muestra como un reflejo de lo aprendido en materias como diseño asistido por computadora y procesos de manufactura. Estos conocimientos adquiridos en aulas y en prácticas permiten que el proyecto se alinee a el objetivo planteado en el plan de oportunidades 2021-2025, justificándose con el objetivo Nro. 16 del eje 5 el cual establece “Apoyar el desarrollo de tecnologías, la investigación y la innovación nacionales en los países en desarrollo, incluso garantizando un entorno normativo propicio a la diversificación industrial y la adición de valor a los productos básicos, entre otras cosas” (Organización Internacional del Trabajo [OIT], 2021)

Hoy en día la creación de vehículos tipo buggy presenta una oportunidad de competencia entre estudiantes de universidades a un bajo costo por lo cual se ha decidido realizar este proyecto tomando en cuenta no solo la producción sino la reproducibilidad con materiales, el comportamiento de un vehículo tubular rígido tiene que ser importante al momento de una colisión, ya que su carrocería debe deformarse lo que más pueda para que toda la energía del choque no sea transmitida al piloto y al contrario nos interesa que el bastidor tubular tenga una deformación mínima para que no altere sus características geométricas (Pérez J. M., 2010).

1.7. JIG'S de soldadura

Es un elemento esencial en los requerimientos y beneficios de una adecuada soldadura, según (Sakuma et al., 2022), “se utilizan con frecuencia en las fábricas de ensamblaje para lograr un ensamblaje de producto preciso y eficiente en el tiempo”. En otras palabras, son dispositivos de soporte para el ensamble de una estructura que se usa especialmente para producir elementos en masa, así el operador recibe las piezas a soldar y las va ajustando y asegurando una alta precisión.

También los JIG'S de soldadura ayudan a estandarizar una estructura o ensamble ya que su objetivo principal es la de lograr una producción en masa mediante un método repetitivo de fabricación por su matriz generada y de esta manera poder fabricar estructuras de manera las fácil, rápida, segura y confiable en el caso de vehículos. (Pérez F. R., 2015).



Figura 1.1 Modelo de Jig de soldadura

(Reiss, 2013)

1.8. Tipos de JIG'S de soldadura

1.8.1. JIG'S de soldadura móviles

Son dispositivos para ensamblaje cuya estructura permite que el bastidor tenga movimiento y de este modo facilitar la soldadura, dicho movimiento puede ser horizontal, vertical o de rotación. Como indica (Ariopajas et al., 2019), algunas de las ventajas que este modelo tiene son: se puede aplicar el remate de soldadura a la mayoría de la estructura latera y es de fácil utilización; y desventajas como: elevado costo de construcción y diseño complejo.



Figura 1.2 Modelo Jig de soldadura móvil

(BuildPro, 2023)

1.8.2. JIG'S de soldadura estáticos

A diferencia de los móviles, son dispositivos para ensamblaje de estructuras en los que el bastidor permanece estático, sin movimientos. Algunas ventajas de este modelo son: fácil utilización, se pueden ensamblar varios tipos de estructura lateral y tiene mayor rigidez en el bastidor; por otro lado, desventajas como el no aplicar el remate de soldadura a toda la estructura lateral



Figura 1.2 Modelo de Jig de soldadura estático

(DCT, 2021)

1.9. Chasis o bastidor

Consiste en un armazón que tiene como finalidad fijar los diferentes elementos mecánicos que conforman el automóvil. Según (Caguana, 2017), “el chasis de un vehículo automóvil se destina al montaje de una carrocería con elementos desmontables, se compone de dos largueros, travesaños y diagonales”.

El chasis se compone de una serie de piezas que se ensamblan para crear una estructura rígida y resistente. Las piezas pueden ser de diferentes materiales, como acero, aluminio, titanio o plástico, según la aplicación y el tipo de carga que se espera que soporte. En el caso de los vehículos, el chasis es la estructura que sostiene el motor, la transmisión, la suspensión, los ejes y las ruedas. También proporciona un punto de anclaje para otros componentes, como el sistema de frenos, el sistema de escape y el sistema de dirección.



Figura 1.3 Chasis tubular

(Galbarro, s.f.)

1.10. Funcionamiento de JIGs para la fabricación de bastidores

En esencia el uso de los Jig's permiten tener fijos a los diferentes elementos del bastidor y con esto, logramos ser capaces de realizar diferentes operaciones de manera repetitiva y precisa en diferentes lugares del bastidor. Su uso maximiza la producción ya que elimina el estar cuadrando o centrando las piezas a las cuales se les va a realizar una operación sea esta de suelda, desbaste o corte.

1.11. Seguridad al momento de colisión

La seguridad de un piloto en caso de colisión en un vehículo monoplaza es un tema crítico en el diseño y desarrollo de automóviles de carreras y otros vehículos de alta velocidad. Los vehículos monoplazas, como ejemplo los utilizados en las carreras de Fórmula 1, están diseñados para ser lo más livianos y aerodinámicos posible, lo que a menudo significa que la seguridad del piloto es un compromiso. (Duxbury, 2022).

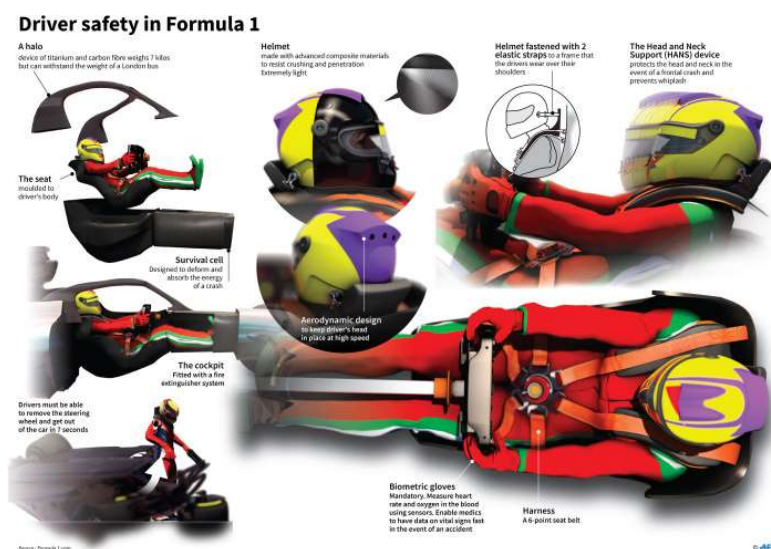


Figura 1.4 Seguridad del piloto en la Formula 1

(EYEWITNESS NEW, 2019)

Para minimizar los riesgos de lesiones en caso de colisión, los vehículos monoplazas tienen sistemas de seguridad. Estos incluyen cinturones de seguridad de varios puntos, sistemas de protección de la cabeza, y células de supervivencia, que son estructuras resistentes diseñadas para proteger al piloto en caso de colisión. (Duxbury, 2022).

Sin importar cual sea el tipo de estructura que se vaya a fabricar esta debe ser diseñada y ser capaz de resistir todo tipo de carga al que sea sometido ya sean permanentes o transitorias y sin exceder los límites de resistencia del material que se escoja para su fabricación, y brindar de seguridad al piloto (Lopez & Silva, 2010).

Otro aspecto importante de la seguridad es la formación del piloto. Los pilotos de vehículos monoplaza deben pasar por un riguroso entrenamiento antes de poder competir, y deben estar preparados para enfrentar situaciones de alto riesgo. Esto incluye aprender técnicas de conducción segura y cómo responder adecuadamente en caso de una colisión.

1.12. Parámetros de diseño

Para el diseño del chasis tubular monoplaza se consideran diferentes aspectos que darán como resultado las dimensiones de largo, alto y ancho. Se considerará el largo del tren motriz como el ancho que deba tener el chasis, las dimensiones del conductor para el aspecto de altura el largo se determinará a partir de las dimensiones del conductor sumado a los requerimientos que se tengan para el tren motriz y de dirección del vehículo. En este aspecto se tendrán elementos principales que conformaran la jaula de seguridad y los secundarios que conforman el resto del chasis y proporcionan estructura entre miembros.

El tamaño y la forma son importantes para que se tenga un producto de características visuales atractivas, garantizando la seguridad del ocupante y uso eficiente del espacio interior.

1.13. Reglamentación

Bajo la categoría de vehículos monoplaza todo terreno o buggys se tiene una categoría de competencia internacional como lo es la baja SAE. Al usar este reglamento como guía de fabricación y diseño tendremos la capacidad de simular las condiciones a las cuales los chasis

de competencia son sometidos y estableceremos criterios para el diseño que logren satisfacer las necesidades de peso y rigidez de un chasis tubular.

Para probar al chasis tubular se realizan simulaciones de impacto bajo condiciones para garantizar la seguridad de los ocupantes. Las pruebas consisten en impactar sobre diferentes elementos del chasis y determinan si estos cumplen o no los parámetros de seguridad. Entre los impactos se consideran los frontales, posteriores y laterales además de uno en el que sea impactada la jaula de seguridad. (SAEINDIA, 2019)

CAPÍTULO II

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materiales

2.1.1. Software.

El programa SolidWorks es una herramienta computarizada de diseño que permitió diseñar los diferentes elementos que se requieren para conformar el bastidor. Además, permite una visualización del producto final para satisfacer las diferentes necesidades que requiere en el bastidor.

2.1.2. Acero

El acero ASTM A36 es comúnmente el más utilizado en la industria metalúrgica y automotriz ecuatoriana por su fácil adquisición y sus componentes químicos. Principalmente está conformado de hierro y con baja presencia de carbón sin superar el 1,2 % de su peso en composición, siendo ideal para moldear y tener una fácil manipulación del material.

2.1.3. Procesos de manufactura.

2.1.3.1. Corte y Pulido

Para el proceso de corte se usaron herramientas como amoladoras, esmeriles de banco, fresadoras y sus respectivos consumibles como discos de corte, discos de desbaste, piedras y fresas.

2.1.3.2. Suelda

Para el proceso de soldadura de los miembros estructurales se utilizó proceso MIG (Metal Inert Gas) monofásica de 220V corriente continua con aislamiento atmosférico de dióxido de carbono de 0.9mm de diámetro del material de aporte. De esta manera se logró obtener una suelda limpia sin porosidades ni escoria, además su manipulación fue fácil y rápida.

2.1.3.3. Herramientas de sujeción

Para sujetar los elementos en espacios tridimensionales el uso de prensas, escuadras magnéticas, playos de presión y el jig fueron necesarios durante la fabricación.

2.1.3.4. Dobladora de tubos hidráulica

La dobladora de tubos es una herramienta que, mediante una serie de matrices fijas y móviles, usa el esfuerzo de una bomba hidráulica para deformar de manera controlada un tubo redondo logrando darle una curvatura deseada sin provocar su colapso.

2.1.4. Pintura

La pintura en el bastidor es un líquido pigmentado de fácil aplicación sobre la superficie metálica que al secarse protege del ambiente y evita la corrosión y deterioro del metal presente en la estructura, prologa la vida útil de los materiales y componentes del vehículo.

2.2. Métodos

2.2.1. Diseño

Para diseñar el vehículo monoplaza, se tomaron aspectos principales para satisfacer las necesidades ergonómicas, de seguridad, sistemas de suspensión, dirección y propulsión. En tanto a la ergonomía se consideró un peso y estatura promedio en base a esto se estableció un alto y un ancho para el habitáculo, se sumó un espacio de seguridad de los hombros al exterior de 3 pulgadas y del casco al techo de 6 pulgadas tomando como referencia las reglas de la baja SAE. En el diseño de largo y ancho del vehículo se tomó en cuenta la distancia entre ejes y el ancho de vía prudente para evitar inestabilidad en el vehículo, con lo cual se delimitaron los espacios para la fijación de los sistemas de suspensión, dirección y propulsión. En cuanto a la vista de perfil se buscó contener a todos los elementos del buggy, teniendo unos ángulos de ataque y de salida suficientes para superar obstáculos en la vía.



Figura 2.1 Modelado del bastidor

En la figura se puede observar el dimensionamiento en base a las medidas promedio del piloto y los componentes que van dentro del bastidor.

2.2.2. Simulación y Análisis de esfuerzos

En el diseño del bastidor se tuvo como principal factor la protección del piloto al colisionar, por lo que el diseño y material satisfacen las necesidades para garantizar la supervivencia. Entre los impactos que se simuló se tomó en cuenta la colisión frontal, lateral y volcamiento cada una con diferentes características y cargas aplicadas a los diferentes elementos del bastidor.

2.2.2.1. Impacto frontal

Para el impacto frontal se tomó en cuenta una velocidad máxima de 57,6 km/h desacelerando a 0km/h en un tiempo de 0,15s (Shah, 2021). La fuerza producida por unidad de longitud se calculó mediante las variables definidas en la Ecuación 2.1 para obtener la resultante de aceleración:

Las variables están definidas por:

$$a = \frac{V_o - V_f}{t} \quad [2.1]$$

Reemplazando en la ecuación 2.1:

$$a = \frac{16m/2 - 0m/s}{0,15s}$$

Se obtiene de resultado:

$$a = 106,66m/s^2$$

La fuerza para impacto frontal se definió mediante las variables de la Ecuación 2.2 para obtener el resultante de fuerza de impacto frontal total:

Las variables están definidas por:

$$F = m \cdot a \quad [2.2]$$

Reemplazando en la ecuación 2.2:

$$F = 282kg \cdot 106 m/s^2$$

Se obtiene de resultado:

$$F = 30080N$$

Entonces la fuerza producida por unidad de longitud en el impacto frontal fue:

Las variables de la Fuerza producida por unidad de longitud frontal (0.68m) está definida por:

$$Fi = \frac{F}{d} \quad [2.3]$$

Reemplazando en la ecuación 2.3:

$$Fi = \frac{30080N}{0,68}$$

Se obtiene de resultado:

$$F_i = 44235N$$

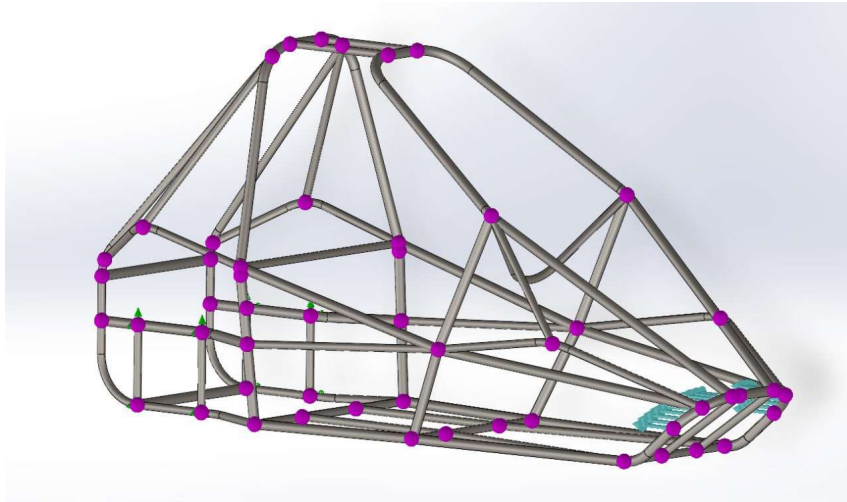


Figura 2.2 Simulación del impacto frontal

En la figura 2.2 se observa la simulación del impacto frontal en el software donde se aplicó la fuerza de 44235N en las secciones frontales del bastidor que constituyen una longitud de 0,68m.

2.2.2.2. Impacto lateral

Para el impacto lateral se tomó en cuenta la masa igual a la del vehículo y una velocidad de 57,6 km/h desacelerando a 0km/h en un tiempo de 0,30s (Shah, 2021), la fuerza producida por unidad de longitud se calculó como:

Las variables están definidas por:

$$a = \frac{V_f - V_o}{t} \quad [2.4]$$

Reemplazando en la ecuación 2.4:

$$a = \frac{\frac{0m}{s} - \frac{16m}{s}}{0,3s}$$

Se obtiene de resultado:

$$a = 53,33 \frac{m}{s^2}$$

La fuerza para impacto lateral se definió mediante las variables de la Ecuación 2.5 para obtener el resultante de fuerza de impacto frontal total:

Las variables están definidas por:

$$F = m \cdot a \quad [2.5]$$

Reemplazando en la ecuación 2.5:

$$F = 282kg \cdot 53,33 \frac{m}{s^2}$$

Se obtiene de resultado:

$$F = 15040N$$

Entonces la fuerza producida por unidad de longitud en el impacto lateral fue:

Las variables de la Fuerza producida por unidad de longitud frontal (2,66m) está definida por:

$$Fi = \frac{F}{d}$$

[2.6]

Reemplazando en la ecuación 2.6:

$$Fi = \frac{15040N}{2,66m}$$

Se obtiene de resultado:

$$Fi = 5654,13N$$

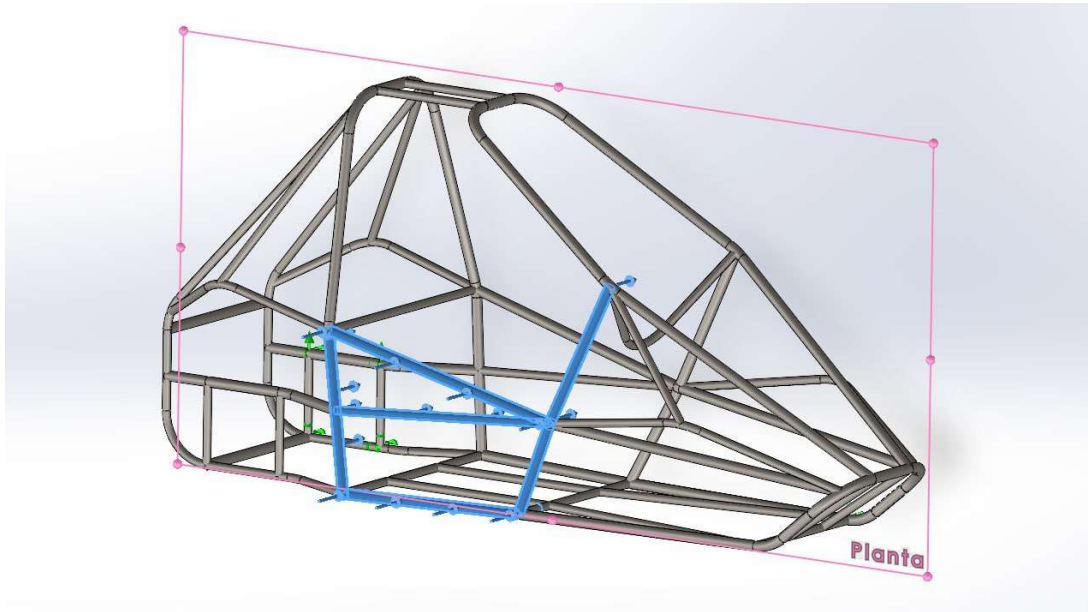


Figura 2.3 Simulación de impacto lateral

En la Figura 2.3 se observa la simulación del impacto lateral en el software donde se aplicó la fuerza de 5654,13N en las secciones laterales del bastidor que constituyen una longitud de 2,66m.

2.2.2.3. Volcamiento

Para la simulación de impacto por vuelco se consideró el 25% de la fuerza obtenida del impacto frontal (Shah, 2021), la fuerza producida se calcula como:

Las variables están definidas por:

$$Fro = F_{frontal} * 0,25$$

[2.7]

Reemplazando en la ecuación 2.7:

$$Fro = 30080N * 0,25$$

Se obtiene de resultado:

$$Fro = 7520N$$

Entonces la fuerza producida por unidad de longitud en el impacto por vuelco fue:

Las variables de la Fuerza producida por unidad de longitud frontal (1,48m) está definida por:

$$Fi = \frac{Fro}{d}$$

[2.8]

Reemplazando en la ecuación 2.8:

$$Fi = \frac{7520N}{1,48m}$$

Se obtiene de resultado

$$F_i = 5067,38N$$

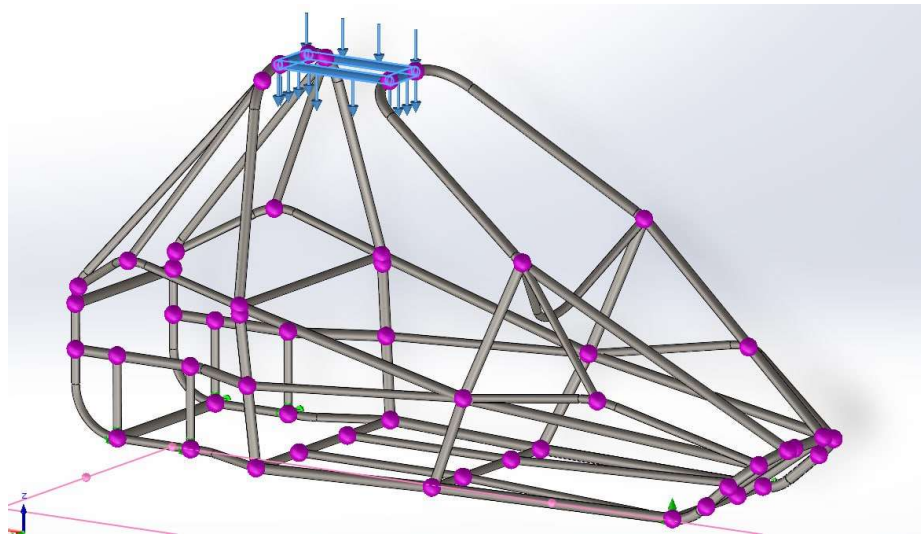


Figura 2.4 Simulación de impacto por vuelco

En la Figura 2.4 se observa la simulación del impacto por vuelco en el software donde se aplicó la fuerza de 7520N en las secciones superiores del bastidor que constituyen una longitud de 1,48m.

2.2.3. Fabricación

Para la fabricación del chasis tubular se consideraron varios aspectos como lo son la disponibilidad de materiales y fácil acceso a ellos en el medio, además de las herramientas necesarias para el proceso de fabricación como lo son herramientas de corte, pulido, doblado y de unión como lo es la soldadora de proceso MIG.

Lo primero que se hizo fue crear la matriz a base del diseño creado en SolidWorks esta matriz o Jig está conformado por tubo cuadrado de 1' 1/4 pulgadas y 1,5mm de espesor y se diseñó en base al modelado del bastidor teniendo en cuenta las medidas y espesores de tubo, con esto se facilitó en gran medida la sujeción de tubos. Estos tubos cuadrados se unieron con proceso de solda MIG con un amperaje de 90A y un voltaje de 16v y aislamiento atmosférico de Dióxido

de Carbono (CO₂) a 7 l/min. Ya que se trabajó en un lugar aislado de corrientes de viento, no se necesitó más flujo de CO₂.



Figura 2.5 Jig de soldadura para la fabricación del bastidor

A continuación, se procedió a doblar los tubos a la medida y ángulo especificados en los planos obtenidos del software en una dobladora hidráulica con los respectivos mandos acordes a los diámetros de tubos que utilizamos, tomando en cuenta el espesor y diámetro con el que se diseñaron para después colocarlos en el Jig. Los más importantes son el arco principal, el frontal y el piso que son los que unen gran parte de la estructura y están fabricados con tubo estructural redondo ASTM A36 de 1' 1/4 y 2mm de espesor, se cortaron las uniones desbastando el material mediante el uso de amoladoras con los discos de corte y desbaste de 4' 1/2 pulgadas. También usando el esmeril de banco para lograr las bocas de pez, se dio un chaflan alrededor para un mejor acoplamiento y penetración de suelda.



Figura 2.6 Arcos principales sobre la matriz de soldadura

Se procedió a ubicar los elementos en el Jig como lo son los tres arcos principales, y se soldó mediante proceso MIG con un amperaje 95A y 16,5V con un aislamiento atmosférico de Dióxido de carbono (Co2) a 7 l/min, las juntas de boca de pez de los tres arcos principales con rapidez y precisión, logrando tener una estructura firme y simétrica.



Figura 2.7 Arcos principales soldados entre si

Posterior se fue agregando más elementos que complementan la estructura trasera. Los arcos traseros siguen una guía en el Jig y están conformados de tubo redondo de 1' 1/4 pulgadas y 2 mm de espesor para finalmente con las bocas de pez en sus extremos se acoplase a la parte inferior y superior del arco principal de la espalda, y realizar el proceso de soldadura MIG a 95A y 16,5V y un aislamiento atmosférico de CO2 de 7 l/min.



Figura 2.8 Estructura del bastidor conformada por arcos principales delanteros y traseros

Una vez teniendo los arcos principales y la parte trasera unida se pudo retirar el bastidor del Jig, debido a que la matriz fue diseñada para la sujeción de estos miembros principales. Posteriormente se dobló tubos de 1' pulgada que van en sentido transversal del bastidor en una dobladora hidráulica con sus respectivos mandos y se realizó el desbaste para obtener las bocas de pez y se fueron acoplando perfectamente en el bastidor. Una vez ya con los tubos dimensionados se aplicó proceso de soldadura MIG a 95A y 16,5 V con un aislamiento atmosférico de Dióxido de carbono a 7 l/min y de esta forma sujetar gran parte de miembros transversales del monoplaza.



Figura 2.9 Soldadura de miembros estructurales del bastidor mediante proceso MAG

Una vez obtenidos todos los miembros estructurales en sus respectivos sitios respecto a los planos se procedió a rematar todas las sueldas con proceso MIG a 95A y 16,5V con aislamiento Atmosférico a 7 l/min sobre todas las juntas de boca de pez y uniones para obtener finalmente la estructura firme y simétrica.



Figura 2.10 Bastidor con todos sus miembros estructurales soldados

Una vez concluida la estructura del bastidor, se fijaron elementos secundarios como el soporte del asiento con perfiles rectangulares de 2' x 1' pulgadas y espesor de 1,5mm de espesor estructurados con un perfil en T de 1' pulgada y soldado a la parte inferior del bastidor con proceso MIG a 120A y 17,7V con aislamiento atmosférico de 7 l/min. El soporte del volante conformado por un tubo redondo en V de 1' pulgada por 2 mm de espesor a la altura deseada y soldada con proceso MIG a 120A y 17,7V con el mismo aislamiento atmosférico. Soportes de motor conformados por perfil en L de 1' 1/4 pulgada por 1/8' pulgada de espesor soldados con proceso MIG a 120A y 17,7V con el mismo aislamiento atmosférico. El cortafuegos fue fabricado con un tol de acero negro de espesor 0.40mm y con un molde se cortó a lo deseado y fue unido con puntos de suelda, los anclajes de cinturón de seguridad con argollas propias de los cinturones homologados.



Figura 2.11 Sujeción de asiento, cinturones de seguridad y corta fuegos

Adicional a la fabricación de las bases se consiguió un asiento liviano y de fácil acceso en el medio que fuera cómodo y permitiese el uso de los cinturones de 4 puntos.

CAPÍTULO III

3. Resultados y Discusión

3.1. Simulaciones CAD CAE

Se simularon 3 impactos a el bastidor, enfocándose en el frontal, lateral y de vuelco, consiguiendo deformaciones dentro del rango establecido como se habla en el artículo de análisis estructural de la baja SAE (Shah, 2021).

3.1.1. Impacto frontal

En el impacto frontal se simuló a fin de recrear la deformación ocasionada por un impacto de frente en el vehículo a una velocidad de 16 m/s en un periodo de 0,15s consiguiendo una fuerza de impacto de 30080N que aplicados en el frente de longitud 0.68m dio una fuerza por unidad de longitud de 44235N. Los elementos fijos son la suspensión posterior, el mallado se estableció en el programa con un material ASTM A36.

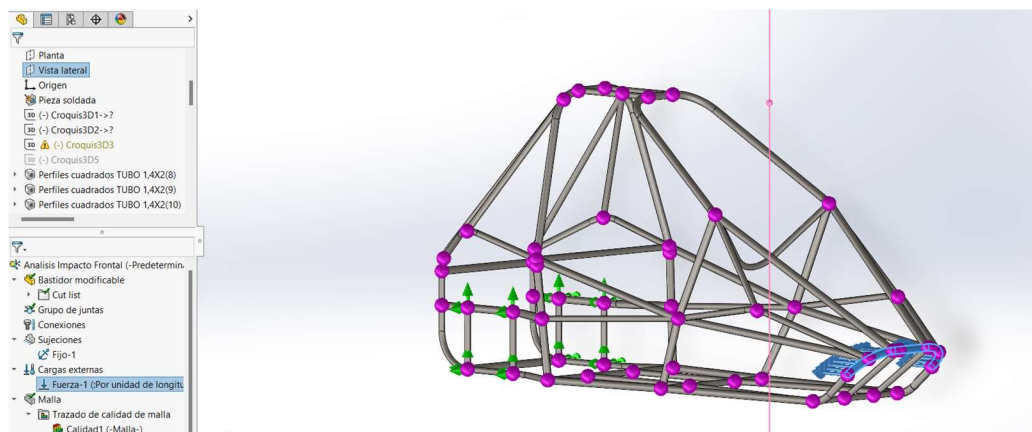


Figura 3.1 Parámetros de simulación impacto frontal

Una vez ejecutado el programa con los parámetros establecidos en la Figura 3.1 se consiguieron los resultados de desplazamiento mostrados en la Figura 3.2:

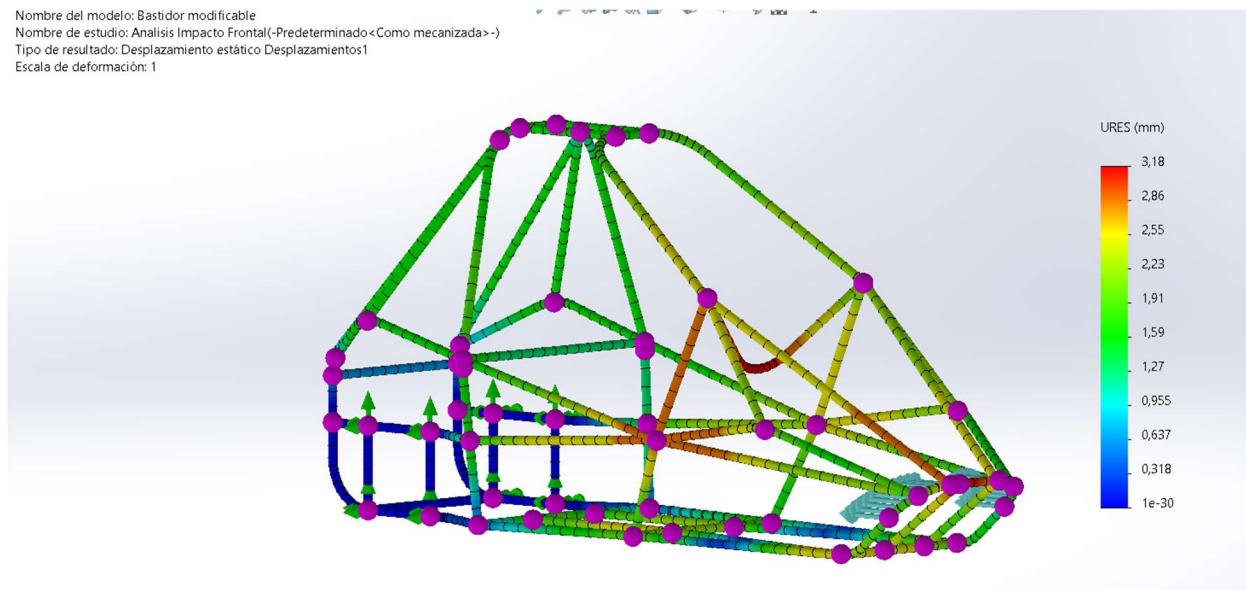


Figura 3.2 Deformación del bastidor después del impacto frontal

En la Figura se puede observar que el valor máximo de desplazamiento en el eje paralelo al impacto no supera los 15mm de deformación, considerada normal.

La deformación obtenida en la simulación del impacto frontal nos da un valor de desplazamiento de 3,18mm donde si la deformación es igual o menor a la del desplazamiento máximo la seguridad del piloto no se encontrará comprometida.

3.1.2. Impacto Lateral.

En este impacto se simula la colisión de otro vehículo con similares características de peso y velocidad al momento de impactar en el lateral del vehículo, las cargas de 15040N son aplicadas en los elementos laterales y el piso del vehículo dando así una fuerza por unidad de longitud de 5654.13N. Los elementos fijos en este caso son la suspensión del lado opuesto al impacto. Se considera el mismo material ASTM a36 y mallado.

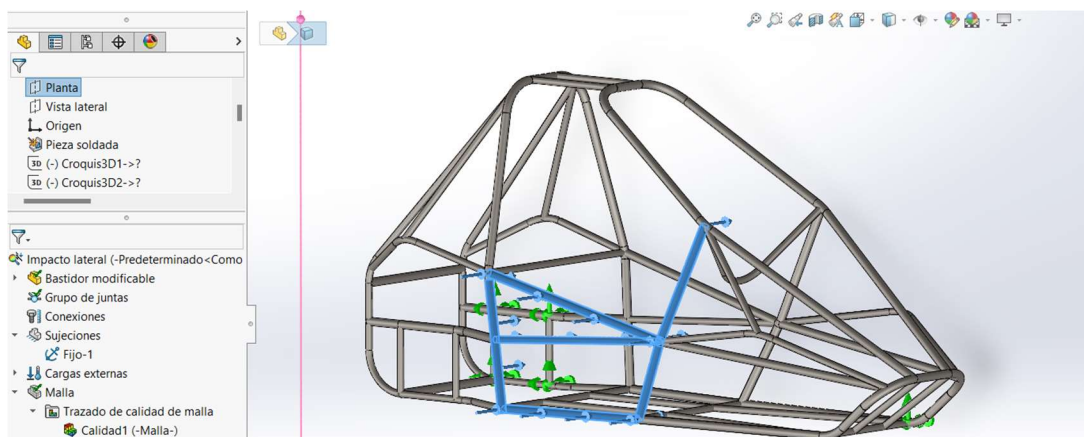


Figura 3.3 Parámetros de simulación para impacto lateral

Una vez ejecutado el programa con los parámetros establecidos en la Figura 3.3 se consiguieron los resultados de desplazamiento mostrados en la Figura 3.4:

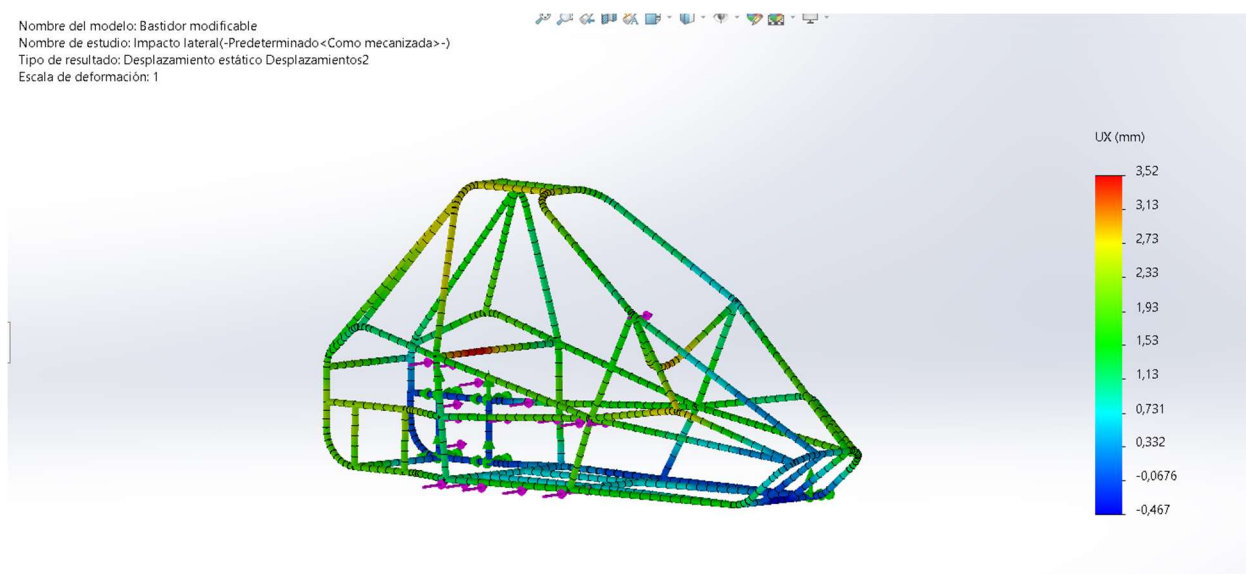


Figura 3.4 Deformación del bastidor después del impacto lateral

Los valores obtenidos en el impacto lateral son de máximo 3,52mm donde toda deformación menor a la obtenida no va a influir en la seguridad del piloto.

La deformación obtenida está dentro de los valores considerados como seguros según (SAEINDIA, 2019), el cual establece una distancia específica de los hombros a los laterales del monoplaza la cual debe ser de 3 pulgadas o 76mm.

3.1.3. Volcamiento

Este impacto simulara los efectos a causa de volcar, lo cual es una situación posible por el tipo de terreno y modalidad del vehículo. Para la simulación las fuerzas que actúan en el techo del vehículo son el 25% del impacto frontal 7520N en una distancia de 1,48m lo que da una fuerza de 5067,38N por unidad de longitud, los elementos fijos son la suspensión y tanto el mallado como el material es el mismo del caso anterior.

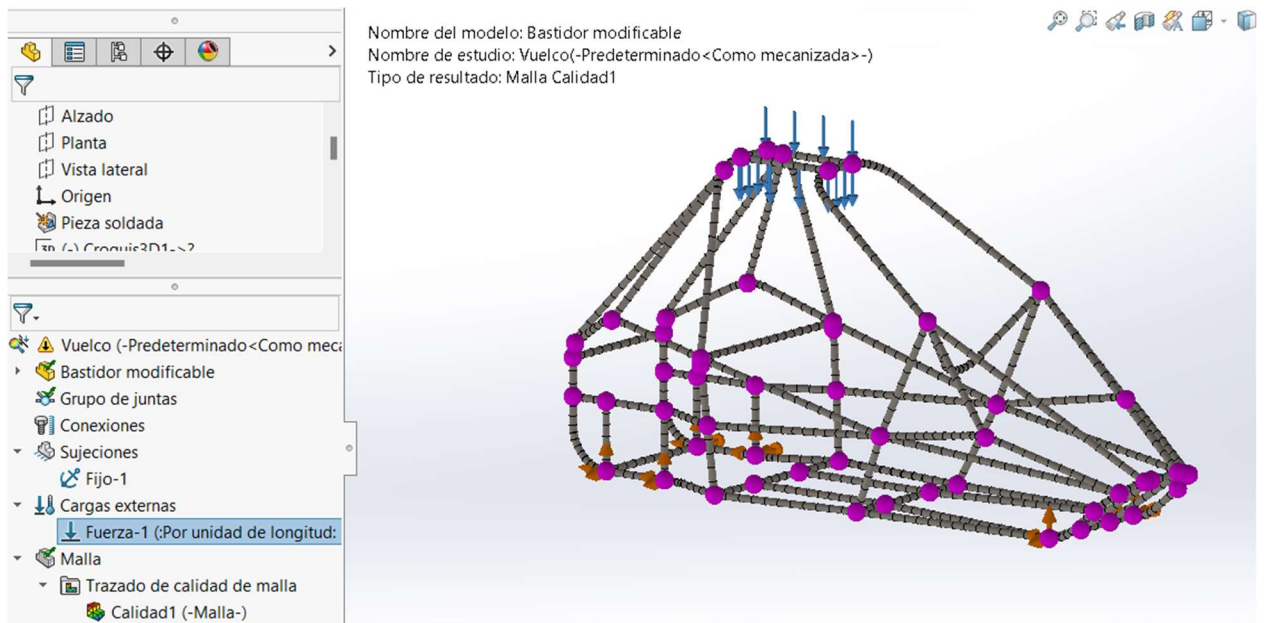


Figura 3.5 Parámetros de simulación para impacto por vuelco

Una vez ejecutado el programa con los parámetros establecidos en la Figura 3.5 se consiguieron los resultados de desplazamiento mostrados en la Figura 3.6:

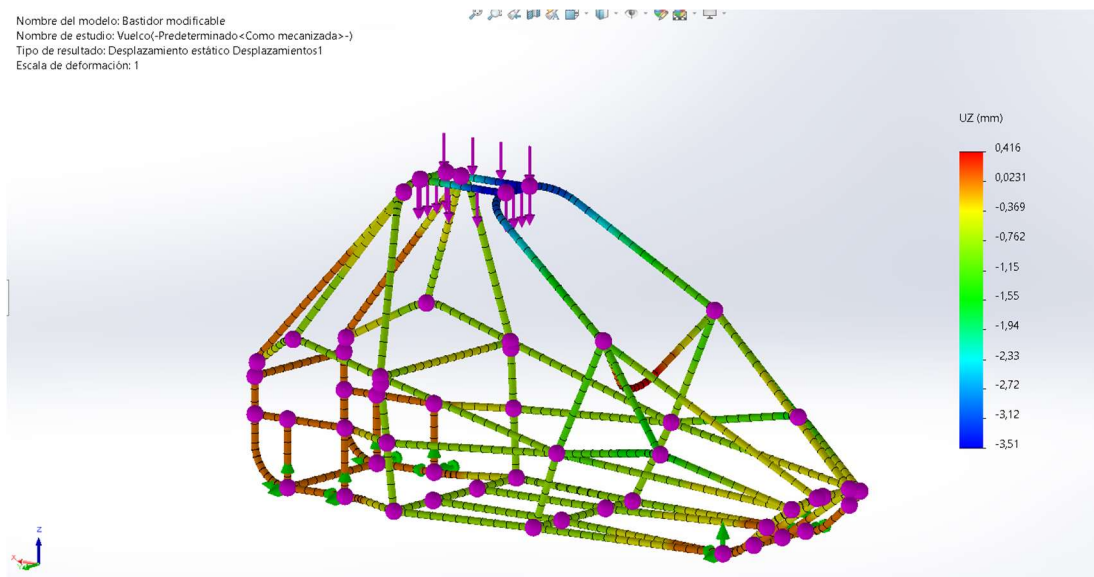


Figura 3.6 Deformación del bastidor después del impacto por vuelco

Se observa que el desplazamiento causado por el vuelco son de máximo 3.51 mm donde toda deformación menor no va a influir en la seguridad del piloto.

La deformación obtenida está dentro de los valores considerados como seguros según (SAEINDIA, 2019), el cual establece una distancia específica de la cabeza al techo del monoplaza la cual debe ser de 6 pulgadas o 152mm.

En la tabla 3.1 se observa los valores obtenidos después de la simulación de los impactos.

Tabla 3.1 Las deformaciones para los diferentes impactos se presentan en la tabla.

Impactos	Resultado de deformaciones	Observación	Valor deformación permitido por (Shah, 2021).
Impacto frontal	3,03 mm	Cumple	15 mm
Impacto lateral	3,52 mm	Cumple	15 mm
Vuelco	3,51 mm	Cumple	15 mm

3.2. Creación del Jig

Para la creación del Jig se creó un modelo a partir del diseño de SolidWorks en el cual se consideraron como elementos principales el arco principal del roll bar, el arco frontal, los brazos a los que se ancla la suspensión y el piso del bastidor, con esto se trató de abarcar la mayor cantidad de elementos a la vez con el fin de minimizar las deformaciones al momento de soldar.

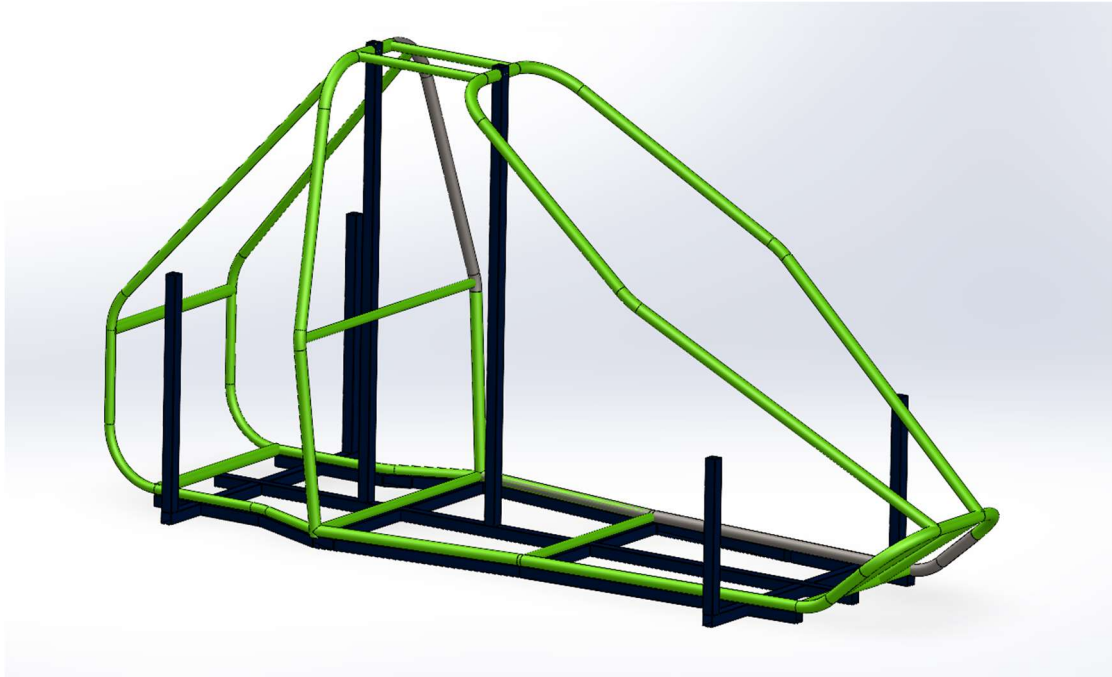


Figura 3.7 Diseño del bastidor sobre el Jig de soldadura

Se puede observar en color negro el JIG y en color verde los elementos principales sujetos del roll bar, ensamblados por el jig.

3.3. Evaluación del Jig

Para evaluar la funcionabilidad del Jig se fabricó un bastidor tubular con dos distintos tipos de tubos redondos, de diámetros establecidos en el diseño, para los arcos principales los cuales se partió con la fabricación del bastidor, estos arcos apoyados y sujetos a la base del Jig el cual nos ayuda a mantener firmes los arcos en sus respectivos lugares para así ir soldando el resto de los miembros estructurales.



Figura 3.8 Estructura delantera conformada por los arcos principales

Posterior a la unión de los arcos principales los arcos de la parte trasera y travesaños del bastidor, mediante los planos hechos en el software se obtuvo los modelos de las bocas de pez que se realizó con herramientas de desbaste y corte para de esta manera ir acoplándolas al bastidor.

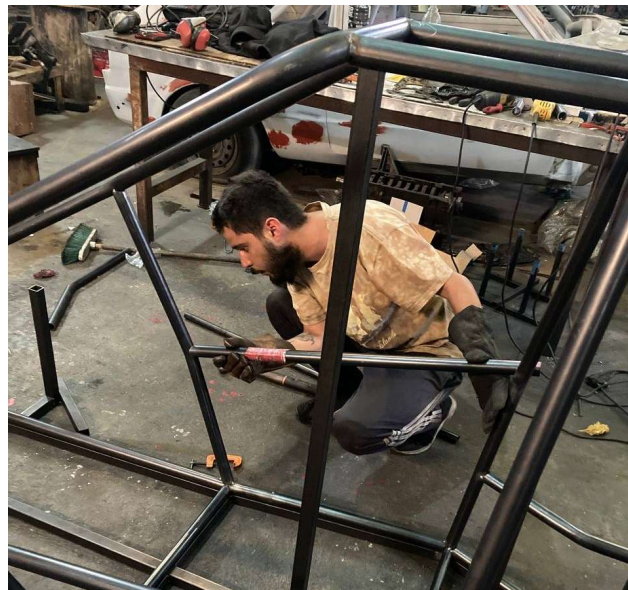


Figura 3.9 Desbaste y sujeción de miembros laterales del bastidor

Algunos de los miembros estructurales que se usaron para la sujeción de amortiguadores, cortafuegos, suelo entre otras se utilizó un tubo redondo de menor diámetro ya que de esta forma reducimos el peso total del bastidor sin perder estructura ni reducir los valores obtenidos en las simulaciones.



Figura 3.10 Suelda total del bastidor con proceso MAG

Una vez conformada toda la estructura del bastidor con los miembros estructurales sujetos con puntos de suelda se procedió a rematar todas las uniones de boca de pez sin dejar porosidades ni sueldas que generen ángulos susceptibles a romper la suelda, tampoco se pulió ni desbastó las sueldas con el fin de no debilitar las propiedades de la suelda ni del material de aporte.



Figura 3.11 Estructura del bastidor finalizada

Para la fabricación del Jig como del bastidor se tomó en cuenta el fácil acceso de los materiales utilizados y con un precio accesible para estudiantes de la Universidad, así como también de insumos y consumibles utilizados en la fabricación de estos.

En la tabla 3.2 se observa el costo de materiales utilizados para la fabricación del Jig, con el precio más accesible encontrado y un total en materiales de 19,72 dólares.

Tabla 3.2 Costos de materiales utilizados en el Jig.

Materiales			
Material	Cantidad	Precio unitario \$	Total \$
Tubo cuadrado 1 in ¼ 1.5mm espesor	3	8,74	26,22
Pintura sintético automotriz	1/4	3,50	3,50
Total			29,72

En la tabla 3.3 se observa el costo de materiales utilizados para la fabricación del bastidor como tubería redonda de acero estructural, tol de recubrimiento y cortafuegos además de la pintura utilizada, el total de costo en materiales fue de 110,62 dólares.

Tabla 3.3 Costos de materiales utilizados en el bastidor.

Materiales			
Material	Cantidad	Precio unitario \$	Total \$
Tubo redondo 1 in ¼ 2mm espesor	4	13,50	54
Tubo redondo 1 in 1.5mm espesor	3	5,64	16,92
Tol acero 2.44m x 1.60m 0.40mm espesor	1	19,70	19,70
Pintura sintético automotriz	1	20	20
Total			110,62

En la tabla 3.4 se observa el costo insumos utilizados en el proceso de fabricación del Jig, así como material de información e investigación también un aproximado de mano de obra gastada, el total de gastos de insumos fue de 102 dólares.

Tabla 3.4 Tabla de insumos utilizados en el Jig.

Insumos			
Insumo	Cantidad	Precio unitario \$	Total \$
Energía eléctrica	1	10	10

Internet	1	12	12
Revistas de información	3	2	6
Mano de obra	2	40	80
		Total	102

En la tabla 3.5 se observa el costo de insumos utilizados para la fabricación del bastidor teniendo en cuenta también mano de obra de construcción, el total de insumos fue de 112 dólares.

Tabla 3.5 Tabla de insumos utilizados en el bastidor.

Insumos			
Insumo	Cantidad	Precio unitario \$	Total \$
Energía eléctrica	1	20	20
Internet	1	12	12
Revistas de información	3	2	6
Mano de obra	2	40	80
		Total	112

En la tabla 3.6 se observa el costo de consumibles o materiales tangibles utilizados para la fabricación del Jig, en este gasto principalmente se hizo la compra de material de aporte y gas necesarios para la soldadura.

Tabla 3.6 Tabla de consumibles utilizados en el Jig.

Consumibles			
Consumible	Cantidad	Precio unitario \$	Total \$
Disco de corte	3	1,10	3,30
Disco de pulido	1	3,10	3,10
Material de aporte de soldadura	1	10	10
Recarga CO2	1	5	5
		Total	21,40

En la tabla 3.7 se observa el costo de consumibles utilizados para la fabricación del bastidor en el cual se utilizó más consumibles que en el Jig por el desgaste de unión o bocas de pez en cada uno de los extremos de los miembros estructurales.

Tabla 3.7 Tabla de consumibles utilizados en el bastidor.

Consumibles			
Consumible	Cantidad	Precio unitario \$	Total \$
Disco de corte	6	1,10	6,60
Disco de desbaste	2	3,10	6,20
Fresa	1	26	26
Material de aporte de soldadura	1	40	40
Recarga CO2	1	25	25
Piedra de esmeril de banco	1	8	8
Cierra de arco	1	1	1
Lima plana	1	3,50	3,50
		Total	116,30

En la tabla 3.8 se observa el costo total de fabricación del Jig de soldadura incluyendo consumibles, insumos y mano de obra el total de los gastos fue de 153,12 dólares.

Tabla 3.8 Tabla de gastos totales en la fabricación del Jig.

Gastos			
Ítem	Cantidad	Precio unitario \$	Total \$
Materiales utilizados	1	29,72	29,72
Insumos utilizados	1	102	102
Consumibles utilizados	1	21,40	21,40
		Total	153,12

En la tabla 3.9 se observa el costo total de fabricación del bastidor incluyendo consumibles, insumos y mano de obra. En este proceso de fabricación el costo es el doble que el del Jig debido a los materiales y consumibles utilizados el total gastado fue de 338,92 dólares.

Tabla 3.9 Tabla de gastos totales en la fabricación del bastidor.

Gastos			
Ítem	Cantidad	Precio unitario \$	Total \$
Materiales utilizados	1	110,62	110,62
Insumos utilizados	1	112	112
Consumibles utilizados	1	116,30	116,30
		Total	338,92

En la tabla 3.10 se observa el costo total de la fabricación del proyecto, incluyendo los gastos totales del Jig y del bastidor. El precio total fue de 492,04 dólares, tomando en cuenta que el proyecto está dirigido a los estudiantes es un costo el cual no es muy elevado.

Tabla 3.10 Tabla de gastos totales en la fabricación del bastidor y Jig.

Gasto total			
Ítem	Cantidad	Precio unitario \$	Total \$
Gastos totales fabricación Jig	1	110,62	153,12
Gastos totales fabricación Bastidor	1	338,92	338,92
		Total	492,04

CAPITULO IV

4. Conclusiones y Recomendaciones

4.1. Conclusiones

- El bastidor monoplaza tipo buggy se diseñó bajo diferentes criterios, como la seguridad, la estética y buscando siempre un bajo peso. En cuanto a los criterios de simulación se logró satisfacer las necesidades tanto estructurales como de seguridad obteniendo deformaciones inferiores a los 3,03mm en impacto frontal con una fuerza por unidad de longitud de 44235N en 0,68m, obteniendo una deformación de 3,52mm en el impacto lateral con una fuerza por unidad de longitud de 5654,13N en 2,66m y obteniendo una deformación de 3,51mm en impacto por vuelco con una fuerza por unidad de longitud de 5067N en 1,48m. Manteniendo así el habitáculo del piloto seguro sin exponer la vida de este. También se tomó en cuenta la estética del bastidor haciendo el diseño agresivo y de dimensiones aceptables para este tipo de automotor.
- El Jig o matriz de soldadura se diseñó con el principio de ayudar en la sujeción de miembros estructurales mediante el uso de tubería cuadrada de igual medida que el diámetro exterior del tubo $1 \frac{1}{4}$ del bastidor, como resultado se obtuvo un diseño acorde a medidas y dimensiones del bastidor, estableciendo puntos de apoyo y sujeción necesarios para facilitar la creación de una estructura rígida y simétrica.
- En la construcción de la matriz para la fabricación de bastidores tipo buggy, se obtuvo el diseño, partiendo de una base plana de tubería cuadrada de acero estructural de dimensiones exteriores de $1 \frac{1}{4}$ con 3 tubos de 6m, tomando como punto principal a un elemento central de 2,20m de longitud que funcionaría como el largo total, se anexaron en sus extremos laterales elementos guía que darían el ancho general de 0,75m, y elementos perpendiculares determinarían el alto de 1,20m del bastidor. Además, ayudo a generar sujeciones y puntos de apoyo de elementos principales como, arco principal, frontal, posterior y a los laterales, vigas con medida exacta para puntos de anclaje de los elementos de suspensión. Esta matriz de soldadura completamente diseñada para

replicar otros bastidores de iguales características tuvo un costo de 153,12 dólares incluyendo materiales, insumos y consumibles para su fabricación.

- Mediante la fabricación del Jig, se pudo obtener un resultado óptimo y en menor tiempo ya que al poder acoplar los elementos principales conformados por tubería redonda de acero estructural de diámetro de 1 1/4 en 2mm de espesor a un espacio tridimensional. Facilito el ensamblaje de miembros estructurales mediante procesos de corte y desbaste, la unión de dichos elementos con procesos de soldadura MG por su versatilidad, se logró obtener un bastidor tubular de altura 1,19m, de ancho 0,75m, de largo 2,49m y aproximadamente 40kg de peso, además de 4 puntos establecidos como elementos de anclaje de suspensión acordes al diseño del bastidor. Logrando recrear el diseño con materiales de fácil acceso en el medio y con un precio de 338,92 dólares incluyendo los materiales, insumos y consumibles utilizados, acorde a lo establecido en el software CAD/CAE y obteniendo una estructura firme y simétrica.

4.2. Recomendaciones

- Para el diseño de un bastidor tipo buggy uno de los principales puntos para tener en cuenta es el sobredimensionamiento de la estructura teniendo en cuenta el material y el esfuerzo que realizara al momento de simular cada una de las pruebas que simulan impactos y de esta manera obtener un diseño no solo estético sino funcional, logrando satisfacer las necesidades en seguridad.
- Al momento de diseñar el jig de soldadura se tomarán en cuenta distintos puntos tanto estructurales como funcionales, el uso de materiales que cuenten con superficies planas como lo es el tubo estructural cuadrado, facilitara no solo la construcción sino el apoyo que tendrán los elementos que se monten sobre este, en este caso el bastidor. También logrando obtener una estructura que elimine irregularidades de la superficie del suelo.
- Para la construcción de Jig se debe partir de un punto fijo el cual otorgue la capacidad de establecer la mayor cantidad de medidas a los diferentes anexos que se tendrán en el

Jig de soldadura. Tanto a los elementos verticales como horizontales que ayuden como guía de ancho y alto para el bastidor.

- En la evaluación del jig se tomará en cuenta dimensiones de cada uno de los elementos estructurales tanto en longitud y diámetro de la tubería y sus respectivos puntos de unión para que el ensamblaje en la matriz sea de manera óptima y eficiente al momento de aplicar procesos de unión y pulido. Usar el jig como molde para los extremos de los tubos a fijar, además el colocar y quitar tubos sin perder su posición relativa ayuda a refinar de mejor manera las bocas de pez para obtener una suelda más uniforme y consistente en todo el bastidor.

Referencias

- Ariopajas et al. (2019). *Repositorio de la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE*. Recuperado el 08 de Abril de 2023, de DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ELDA DE MANUFACTURA ROBOTIZADA MEDIANTE JIGS DE SOLDADURA PARA OPTIMIZAR TIEMPOS DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA MIVILTECH S.A EN EL CANTÓN AMBATO: <file:///C:/Users/ACER/Downloads/T-ESPEL-MEC-0182.pdf>
- Buddha et al. (2020). Design and analysis of roll cage chassis. *materialtoday : proceedings*, 33(7), 4450 - 4457. doi:<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.07.709>
- BuildPro. (2023). *BuildPro*. Recuperado el 12 de abril de 2023, de buildpro.stronghandtools.com/max-system/
- Caguana, D. (2017). *Proyecto Tecnico, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN JIG DE ENSAMBLE DE ANCLAJES*. Recuperado el 08 de Abril de 2023, de Repositorio Universidad Tecnica de Ambato: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26543/1/Tesis%20I.%20M.%20405%20-%20Dur%c3%a1n%20Caguana%20John%20Jairo.pdf>
- DCT. (2021). *DCT*. Recuperado el 14 de mayo de 2023, de [dct.com: http://www.enjoy-sound.com/News/11.html](http://www.enjoy-sound.com/News/11.html)
- Duxbury, A. (4 de julio de 2022). *Motorsport*. Recuperado el 26 de marzo de 2023, de [motorsport.com: https://es.motorsport.com/f1/news/dispositivos-seguridad-formula1-historia/10326353/](https://es.motorsport.com/f1/news/dispositivos-seguridad-formula1-historia/10326353/)
- ESPOL. (s.f.). *Centro de estudios Asia - Pacifico*. Recuperado el 17 de junio de 2022 , de [espol.edu.ec: https://ceap.espol.edu.ec/es/content/carros-de-siete-marcas-se](https://ceap.espol.edu.ec/es/content/carros-de-siete-marcas-se)

ensamblan-en-ecuador-los-autos-son-los-que-más-demanda-tienen#:~:text=-
%20Según%20la%20Asociación%20de%20Empresas,%2C%20Jag%2C%20Volkswa
gen%20y%20Zotye.

EYEWITNESS NEW. (2019). *SAFE AND SOUND: F1 SAFETY FEATURES FOR DRIVERS*. Recuperado el 14 de abril de 2023, de ewn.co.za:

<https://ewn.co.za/2019/02/27/safe-and-sound-f1-safety-features-for-drivers>

Galbarro, H. R. (s.f.). *El bastidor de los vehículos Automóviles*. Recuperado el 1 de mayo de 2023, de Ingemecanica.com:

<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn69.html>

García et al. (2015). Manufacturing to Motorsport by Students. *Procedia Engineering*, 132, 259 - 266 . doi:<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.12.493>

Hoffman, E. G. (2004). *Jig and Fixture Design* (Vol. 1). EE UU: Delmar, Cengage Learning . Recuperado el 24 de noviembre de 2022, de

<https://mahmoodi.profile.semnan.ac.ir/downloads/file/734>

Lopez & Silva. (enero de 2010). *Diseño y contruccion de un vehiculo monoplaaza de modalidad formula basica en pavimento para monoplaazas para competencias por gravedad*. Recuperado el Abril 10 de 2023, de Repositorio Escuela politécnica nacional : <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1243/1/CD-2645.pdf>

Ninshu et al. (2015). Effect of jig constraint position and pitch on welding deformation.

Journal of Materials Processing Technology, 154 - 162.

doi:<https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2015.02.022>

Organizacion Internacional del Trabajo [OIT]. (2021). *Plataforma de recursos de trabajo*

decente para el desarrollo sostenible. Recuperado el 17 de Julio de 2022, de ilo.org:

https://www.ilo.org/global/topics/dw4sd/theme-by-sdg-targets/WCMS_621379/lang-es/index.htm

Pérez, F. R. (2015). *Repositorio UTA*. (C. Pérez, Ed.) Recuperado el 16 de marzo de 2023, de uta.edu.ec: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/20107>

Pérez, J. M. (2010). *Técnicas del Automóvil CHASIS*. Madrid, España: Ediciones parainfo. Recuperado el 18 de Febrero de 2023, de <https://books.google.com.ec/books?id=9VRmtvxFGMwC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

Reiss, J. (2013). *Race Cars*. Recuperado el 16 de marzo de 2023, de DRAGZINE: <https://www.dragzine.com/features/car-features/exclusive-brian-hard-pro-nitrous-build-at-tim-mcamis-race-cars/>

SAEINDIA, B. (2019). *SAEINDIA*. Recuperado el 10 de Mayo de 2023, de 2019 Collegiate Design Series: https://teamredbaron.com/wp-content/uploads/2018/09/BAJA_SAEINDIA_2019_RULEBOOK.pdf

Sakuma et al. (2022). Soft-Jig: A Flexible Sensing Jig for Simultaneously Fixing and Estimating Orientation of Assembly Parts. *International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, 10945-10950. doi:10.1109/ICRA46639.2022.9812094

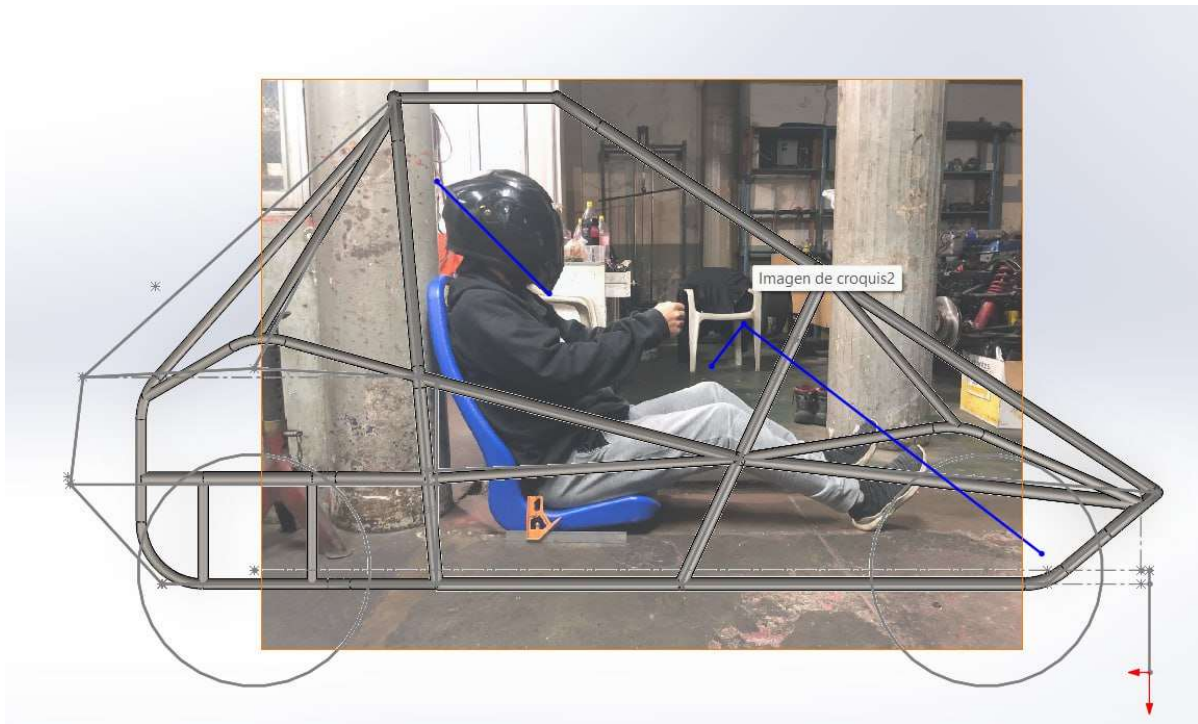
Shah, S. (2021). Static Structural Analysis of SAE Baja Chassis. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCE RESEARCH, IDEAS AND INNOVATIONS IN TECHNOLOGY*, 1200. Recuperado el 15 de septiembre de 2023, de <https://www.ijariit.com/manuscripts/v7i3/V7I3-1775.pdf>

Vivek et al . (2021). Design, stimulation and fabrication of chassis of an FSAE female driven vehicle. *Materials Today: Proceedings*, 43(1), 36 - 41 .

doi:<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.202>

ANEXOS

Anexo A.1 Diseño del bastidor tomando en cuenta un percentil del tamaño de una persona promedio de 1,74m.



Anexo A.2 Materiales utilizados para la fabricación del JIG y del bastidor, tubería redonda y tubería cuadrada.



Anexo A.3 Herramientas utilizadas para corte, pulido y soldadura para la fabricación del JIG y bastidor del vehículo monoplaza.

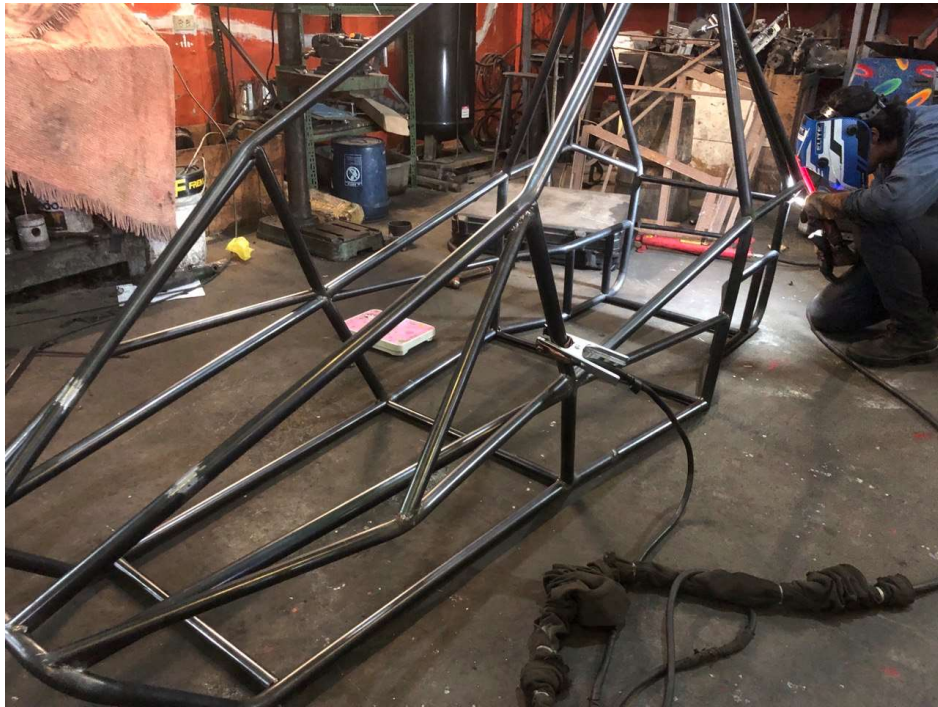


Anexo A.4 Estructura del JIG de soldadura

Anexo A.5 Fijación y soldadura de arcos principales del bastidor utilizando el JIG de soldadura.



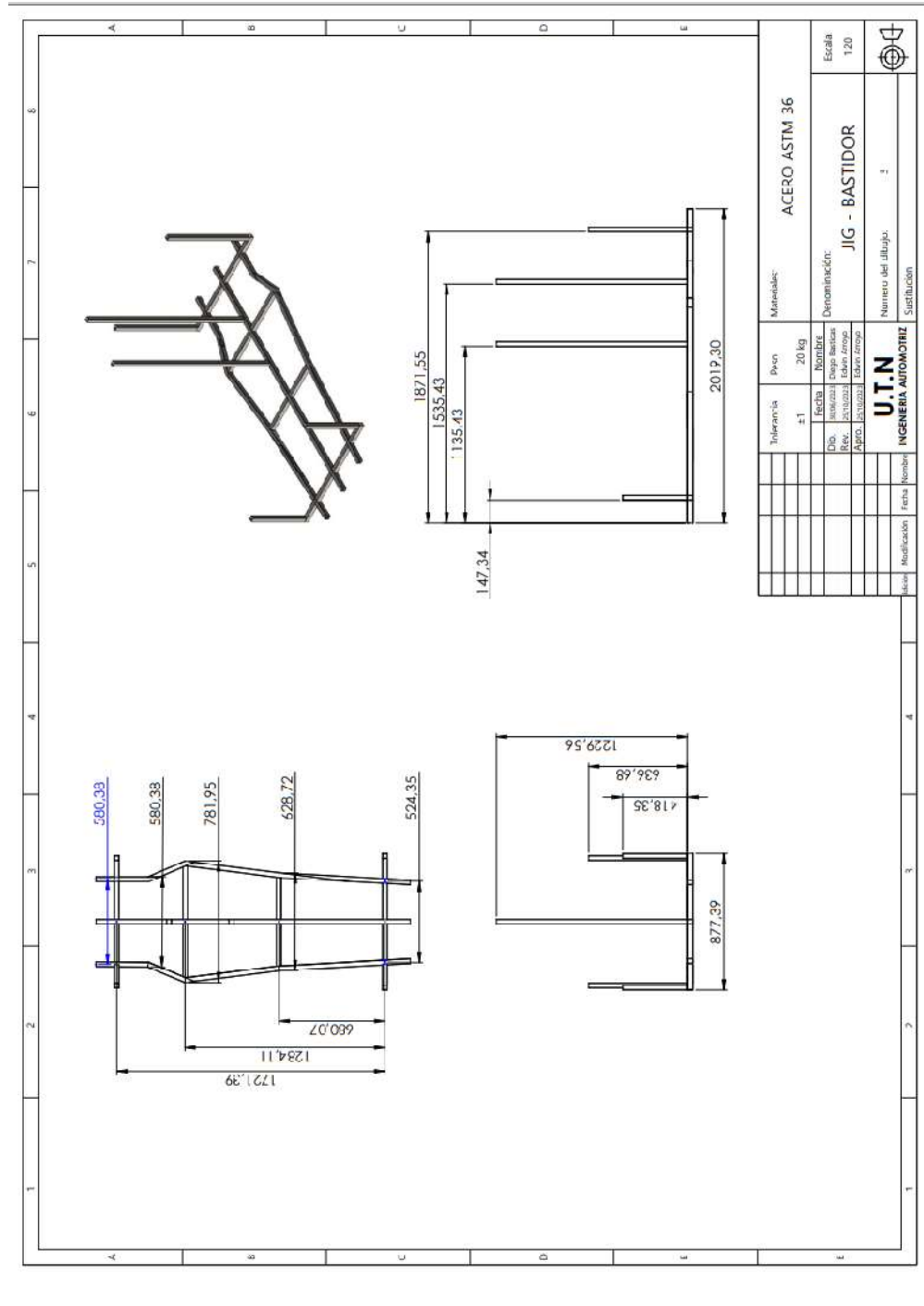
Anexo A.6 Fabricación y acople de miembros estructurales laterales del bastidor

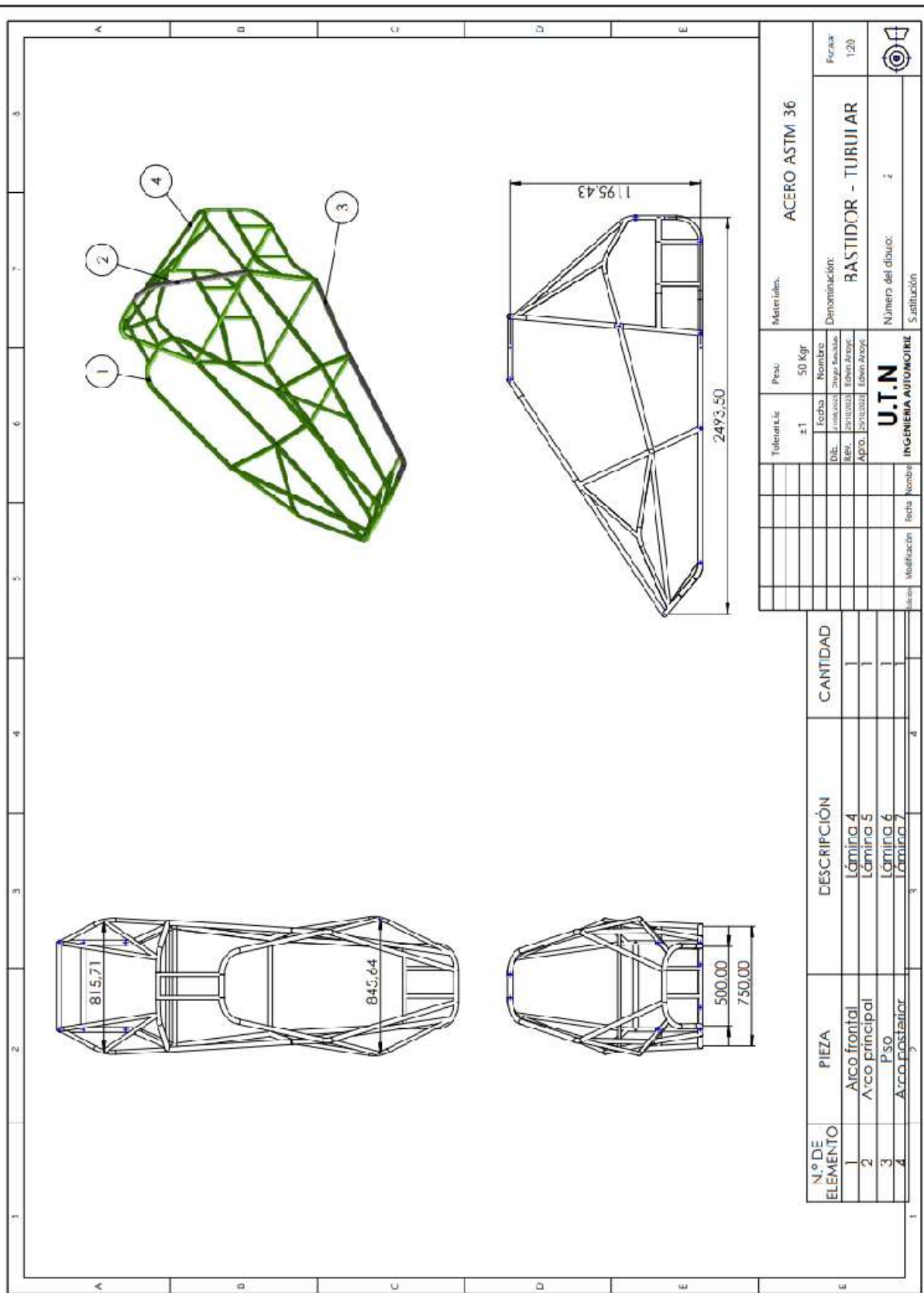


Anexo A.7 Implementación de cinturón de seguridad de cuatro puntos y asiento ergonómico plástico al piso del bastidor.



Anexo A.8 Planos de JIG de soldadura y bastidor tubular hechos en el software de diseño SolidWorks

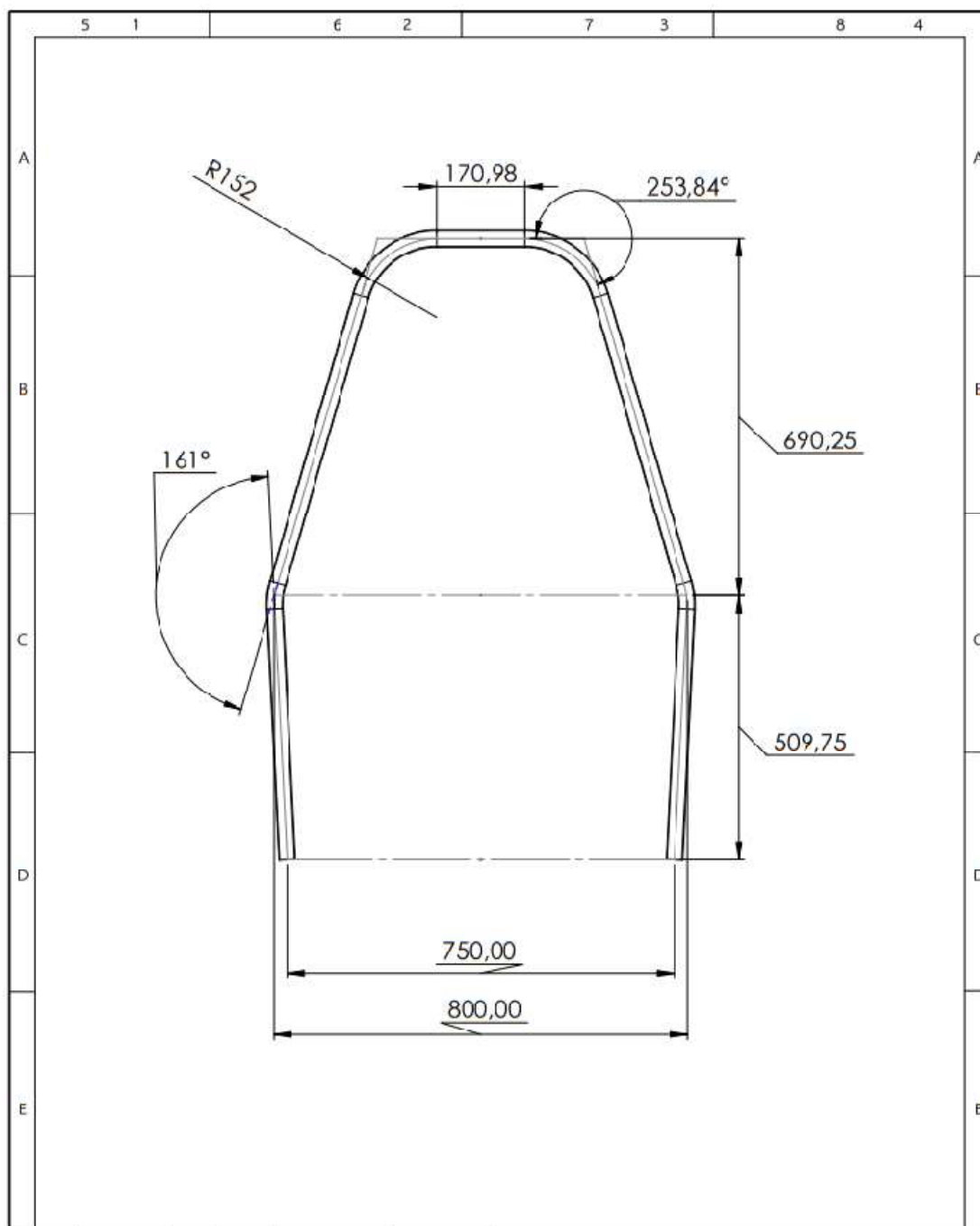




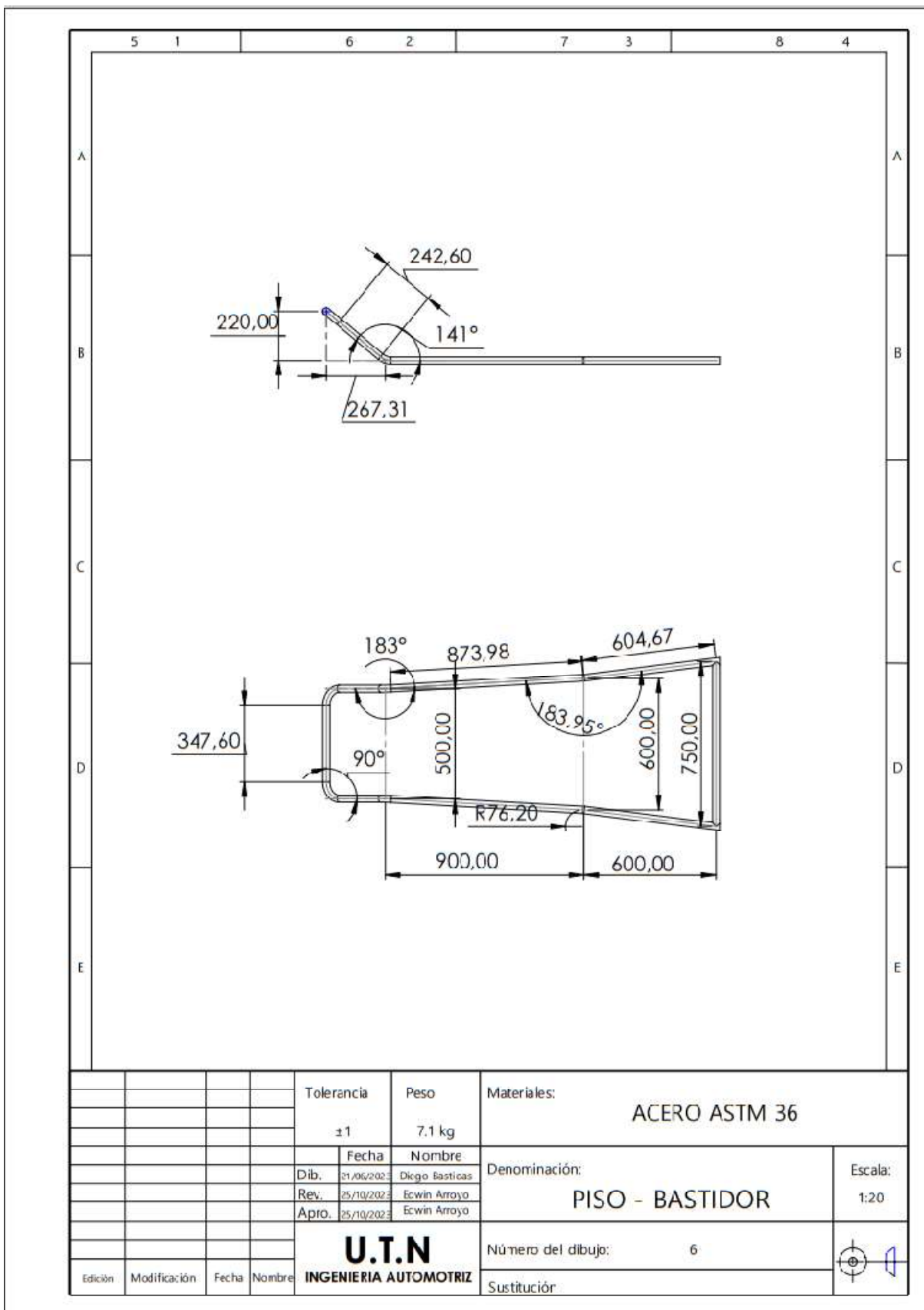
Tolerancias		Peso: 50 Kgr		Material: ACERO ASTM 36	
±1		Nombre		Denominación:	BASTIDOR - TURUIAR
Fecha		Edm Arayc		Edm Arayc	
Dib. J. L. J. J.		Edm Arayc		Edm Arayc	
Rev. 201203		Edm Arayc		Edm Arayc	
Apr. 201203		Edm Arayc		Edm Arayc	
		U.T.N		Número del dibujo: 2	
		INGENIERIA AUTOMOBILE		Sustitución	


N° DE ELEMENTO	PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Arco frontal	Lámina 4	1
2	Arco principal	Lámina 5	1
3	Piso	Lámina 6	1
4	Arco posterior	Lámina 7	1

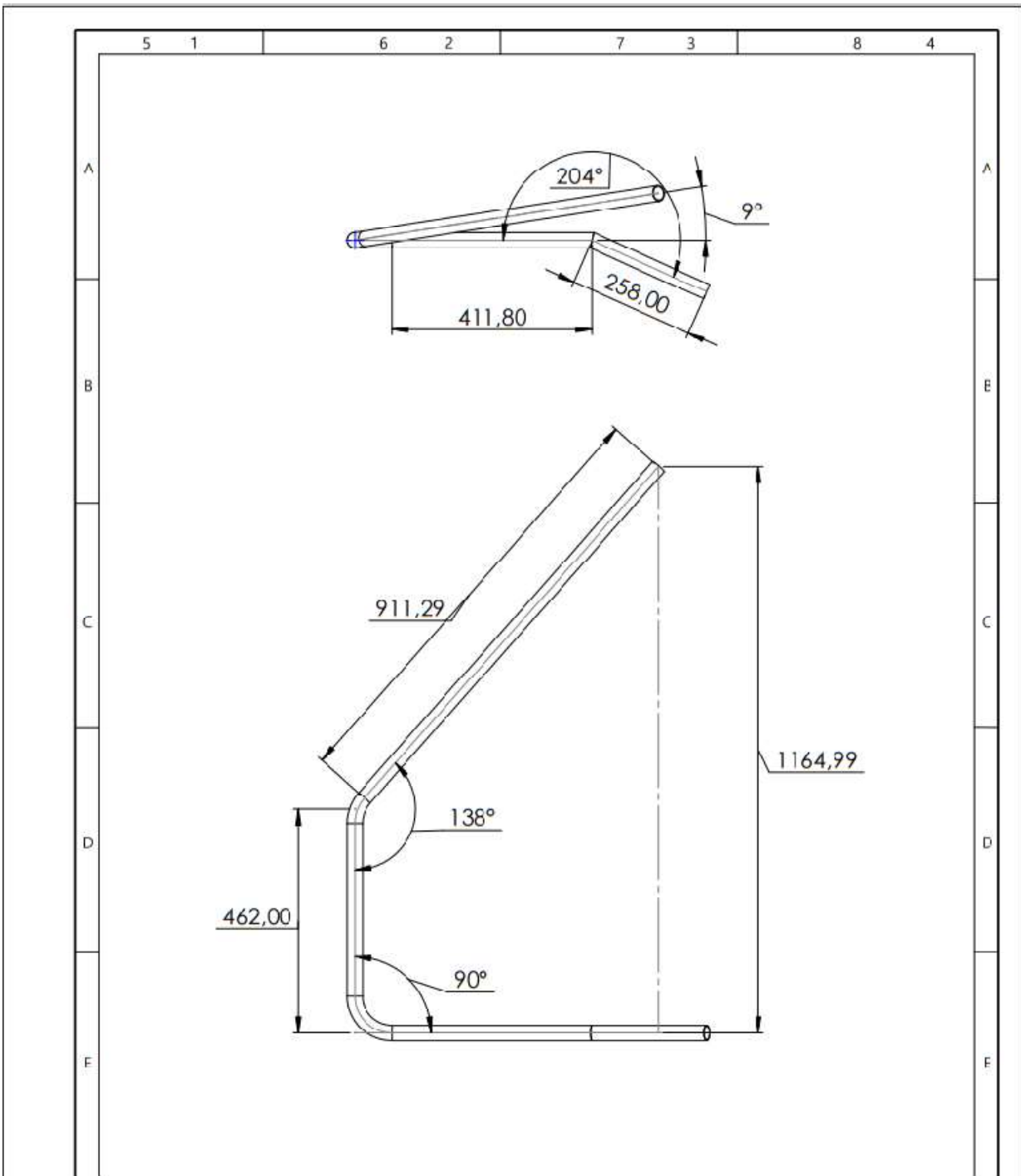




				Tolerancia	Peso	Materiales:	
				±1	3,9 kg	ACERO ASTM 36	
				Fecha	Nombre	Denominación:	
				Dib. 21/06/2023	Diego Bastidas	ARCO PRINCIPAL - BASTIDOR	
				Rev. 25/10/2023	Edwin Arroyo	Escala:	
				Apr. 25/10/2023	Edwin Arroyo	1:15	
				U.T.N INGENIERIA AUTOMOTRIZ		Número del dibujo:	5
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución	



				Tolerancia	Peso	Materiales:			
				±1	7.1 kg	ACERO ASTM 36			
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:		
				Dib. 21/06/2023	Diego Basticas			PISO - BASTIDOR	1:20
				Rev. 25/10/2023	Erwin Arroyo				
				Apto. 25/10/2023	Erwin Arroyo				
				U.T.N INGENIERIA AUTOMOTRIZ		Número del dibujo:	6		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución:			



				Tolerancia	Peso	Materiales:	
				±1	3,1 kg	ACERO ASTM 36	
				Fecha	Nombre	Derominación:	Escala:
				Dib. 26/06/2023	Diego Bastidas	ARCO POSTERIOR - BASTIDOR	1:10
				Rev. 25/10/2023	Edwin Arroyo		
				Apro. 25/10/2023	Edwin Arroyo		
				U.T.N INGENIERIA AUTOMOTRIZ		Número del dibujo:	7
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución	

