



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL HABITÁCULO Y  
FABRICACIÓN DEL DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE DEL  
VEHÍCULO HÍBRIDO TIPO BUGGY BIPLAZA 4X4, PARA LA  
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”**

**CARRILLO SARABIA WILLIAM CELIANO**

**REMACHE RAMOS WILLIAM FERNANDO**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**TIPO: PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**Previa a la obtención del Título de:**

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2018**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

---

2018-05-04

Yo recomiendo que el trabajo de titulación preparado por:

**WILLIAM CELIANO CARRILLO SARABIA**

---

Titulado:

**“ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL HABITÁCULO Y FABRICACIÓN DEL  
DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE DEL VEHÍCULO HÍBRIDO TIPO BUGGY  
BIPLAZA 4X4, PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”**

Sea aceptada como total complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

---

Ing. Carlos José Santillán Mariño  
**DECANO FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Luis Fernando Buenaño Moyano  
**DIRECTOR TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

Ing. Bolívar Alejandro Cuaical Angulo  
**ASESOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

---

2018-05-04

Yo recomiendo que el trabajo de titulación preparado por:

**WILLIAM FERNANDO REMACHE RAMOS**

---

Titulado:

**“ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL HABITÁCULO Y FABRICACIÓN DEL  
DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE DEL VEHÍCULO HÍBRIDO TIPO BUGGY  
BIPLAZA 4X4, PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”**

Sea aceptada como total complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

---

Ing. Carlos José Santillán Mariño  
**DECANO FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Luis Fernando Buenaño Moyano  
**DIRECTOR TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

Ing. Bolívar Alejandro Cuaical Angulo  
**ASESOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** CARRILLO SARABIA WILLIAM CELIANO

**TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:** “ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL HABITÁCULO Y FABRICACIÓN DEL DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE DEL VEHÍCULO HÍBRIDO TIPO BUGGY BIPLAZA 4X4, PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”

**Fecha de Examinación:** 2018-10-12

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Luis Fernando Buenaño Moyano <b>DIRECTOR</b>			
Ing. Bolívar Alejandro Cuaical Angulo <b>ASESOR</b>			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza  
**PRESIDENTE TRIB. DEFENSA**

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** REMACHE RAMOS WILLIAM FERNANDO

**TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:** “ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL HABITÁCULO Y FABRICACIÓN DEL DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE DEL VEHÍCULO HÍBRIDO TIPO BUGGY BIPLAZA 4X4, PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”

**Fecha de Examinación:** 2018-10-12

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Luis Fernando Buenaño Moyano <b>DIRECTOR</b>			
Ing. Bolívar Alejandro Cuaical Angulo <b>ASESOR</b>			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza  
**PRESIDENTE TRIB. DEFENSA**

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de titulación denominado **“ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL HABITÁCULO Y FABRICACIÓN DEL DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE DEL VEHÍCULO HÍBRIDO TIPO BUGGY BIPLAZA 4X4, PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”** que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

**Carrillo Sarabia William Celiano**

Cédula de Identidad: 050353582-5

---

**Remache Ramos William Fernando**

Cédula de Identidad: 060496091-4

## **DECLARACION DE AUTENTICIDAD**

Nosotros, William Celiano Carrillo Sarabia y William Fernando Remache Ramos, declaramos bajo juramento que el presente trabajo es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos usados en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados. En tal virtud, los fundamentos teóricos, científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

**Carrillo Sarabia William Celiano**

Cédula de Identidad: 050353582-5

---

**William Fernando Remache Ramos**

Cédula de Identidad: 060496091-4

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto de titulación lo dedico a mis queridos Padres, quienes sembraron en mi la responsabilidad y deseos de superación, por ser el pilar fundamental durante el transcurso de mi vida, por confiar en mí y en mis sueños de ser un Ing. Automotriz.

A mis queridos Hermanos quienes durante todo el transcurso de mi carrera me apoyaron día a día con amor, ánimo y dándome la motivación de seguir adelante, gracias a ellos he logrado una meta en mi vida.

**William Celiano Carrillo Sarabia**

El presente trabajo de titulación les dedico a mis padres José Remache y Rosa Ramos por todo su inmenso esfuerzo, sacrificio que hicieron durante mi formación académica, enseñándome a crecer y a superar las adversidades, a pesar de los momentos difíciles me apoyaron y nunca se rindieron siendo un pilar fundamental en mi vida y a Dios por darme la salud, a mi hermana Jessica, y hermanos Cristian y Kevin por su apoyo incondicional que me brindaron para alcanzar mi objetivo de ser profesional.

**William Fernando Remache Ramos**



## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme salud y vida, a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por abrirme las puertas para poder realizar mis estudios y hacer de mí una persona útil a la sociedad, a los docentes de la Carrera de Ingeniería Automotriz por compartir sus sabios conocimientos e impulsarme a seguir adelante.

A queridos Padres y Hermanos que, con gran sacrificio, abnegación y amor, estuvieron junto a mí en los momentos que más los necesitaba, me dieron ánimos para seguir adelante y luchando día a día permitieron conseguir mi sueño.

**William Celiano Carrillo Sarabia**

En primer lugar, agradezco a Dios, por darme la salud y ayudarme a terminar este proyecto y darme la fuerza para no rendirme a pesar de todas las adversidades, a fin de lograr que este sueño realidad.

Agradezco también a mis padres y mi familia, que me brindaron la confianza y el apoyo, que sin duda alguna me han demostrado en todo el transcurso de esta etapa de mi vida.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz, por brindarme la oportunidad de obtener esta profesión. A mis tutores el Ing. Luis Buenaño y la Ing. Bolívar Cuaical, gracias por compartir sus conocimientos para finalizar este trabajo de titulación.

**William Fernando Remache Ramos**

## TABLA DE CONTENIDO

### RESUMEN

### ABSTRACT

	<b>Pág.</b>
1.	INTRODUCCIÓN
1.1.	Antecedentes ..... 1
1.2.	Justificación..... 2
1.3.	Objetivos ..... 2
1.3.1.	<i>Objetivo general</i> ..... 2
1.3.2.	<i>Objetivos específicos</i> ..... 2
2.	MARCO TEÓRICO
2.1.	Buggy ..... 4
2.2.	Vehículo Híbrido..... 4
2.3.	Chasis Tipo Buggy ..... 5
2.3.1.	<i>Tipos de chasis</i> ..... 5
2.3.1.1.	<i>Chasis tipo escalera</i> ..... 5
2.3.1.2.	<i>Chasis tipo columna vertebral</i> ..... 6
2.3.1.3.	<i>Chasis tipo tubular</i> ..... 6
2.3.1.4.	<i>Chasis tipo monocasco</i> ..... 7
2.4.	Reglamento de la Real Federación Española del Automovilismo ..... 7
2.4.1.	<i>Especificaciones de la estructura para todos los grupos</i> ..... 7
2.4.1.1.	<i>Estructura base</i> ..... 7
2.4.1.2.	<i>Refuerzos obligatorios</i> ..... 8
2.4.1.2.1.	<i>Tirante diagonal</i> ..... 8
2.4.1.2.2.	<i>Refuerzo de puertas</i> ..... 8
2.4.1.2.3.	<i>Refuerzo del Techo</i> ..... 9
2.4.1.2.4.	<i>Refuerzo del Parabrisas</i> ..... 9
2.5.	Seguridad en el habitáculo ..... 9

2.5.1.	<i>Seguridad activa</i> .....	9
2.5.2.	<i>Seguridad pasiva</i> .....	10
2.5.3.	<i>Diferencias entre seguridad activa y pasiva</i> .....	10
2.6.	Depósito de combustible .....	11
2.6.1.	<i>Características del depósito de combustible</i> .....	11
2.6.1.1.	<i>Construcción de acero</i> .....	11
2.6.1.2.	<i>Construcción de plástico</i> .....	11
2.7.	Circuito de alimentación .....	12
2.7.1.	<i>Bomba de combustible</i> .....	12
2.8.	Selección de materiales .....	13
2.8.1.	<i>Métodos de selección de materiales</i> .....	14
2.8.1.1.	<i>Método tradicional</i> .....	14
2.8.1.2.	<i>Método gráfico</i> .....	14
2.8.1.3.	<i>Método con ayuda de base de datos</i> .....	14
2.9.	Material Para La Estructura Del Habitáculo .....	15
2.9.1.	<i>Acero Estructural</i> .....	15
2.9.1.1.	<i>Grados de acero para secciones estructurales huecas</i> .....	15
2.9.1.2.	<i>Soldabilidad</i> .....	16
2.10.	Material para el depósito de combustible.....	16
2.10.1.	<i>Principales Elementos de Aleación y su Influencia</i> .....	17
2.10.1.1.	<i>Cromo</i> .....	17
2.10.1.2.	<i>Níquel</i> .....	17
2.10.1.3.	<i>Molibdeno</i> .....	18
2.10.2.	<i>Clases de Acero Inoxidable</i> .....	18
2.10.2.1.	<i>Aceros inoxidable martensíticos</i> .....	18
2.10.2.2.	<i>Aceros inoxidable ferríticos</i> .....	18
2.10.2.3.	<i>Aceros inoxidable austeníticos</i> .....	18
2.10.2.4.	<i>Aceros inoxidable dúplex</i> .....	19
2.10.3.	<i>Ventajas Del Acero Inoxidable</i> .....	19
2.10.3.1.	<i>Resistencia a la corrosión</i> .....	19
2.10.3.2.	<i>Resistencia a la alta y baja temperatura</i> .....	19
2.10.3.3.	<i>Resistencia mecánica</i> .....	19
2.11.	Normativas INEN.....	19
2.11.1.	<i>NTE INEN 1323</i> .....	19

2.11.2.	<i>NTE INEN 2310</i> .....	20
2.11.3.	<i>NTE INEN 2311</i> .....	20
2.12.	Ensayos.....	20
2.13.	Software CAD/CAE.....	21
2.13.1.	<i>Diseño asistido por computador (CAD)</i> .....	21
2.13.2.	<i>Ingeniería asistida por computador (CAE)</i> .....	21
2.13.3.	<i>Técnicas de mallado</i> .....	22
2.13.3.1.	<i>Calidad de Malla (Mesh Quality)</i> .....	23
3.	ANÁLISIS Y DISEÑO	
3.1.	Parámetros de diseño del habitáculo .....	24
3.1.1.	<i>Criterios sobre la distribución del peso</i> .....	24
3.1.2.	<i>Selección de perfiles</i> .....	24
3.1.3.	<i>Selección de materiales</i> .....	25
3.1.4.	<i>Dimensiones generales del Buggy Biplaza 4x4</i> .....	26
3.1.5.	<i>Distribución pesos en el prototipo</i> .....	26
3.1.6.	<i>Centro de gravedad</i> .....	27
3.1.6.1.	<i>Ubicación del centro de gravedad</i> .....	27
3.1.6.2.	<i>Altura del centro de gravedad</i> .....	29
3.1.7.	<i>Determinación de las Cargas de Diseño</i> .....	29
3.1.7.1.	<i>Carga permanente (Pe)</i> .....	29
3.1.7.2.	<i>Carga de seguridad (Cs)</i> .....	30
3.1.7.3.	<i>Carga muerta (Cm)</i> .....	30
3.1.7.4.	<i>Carga viva (Cvi)</i> .....	30
3.1.7.5.	<i>Carga de viento (Cf)</i> .....	31
3.1.7.6.	<i>Carga sísmica (Ch)</i> .....	31
3.1.7.7.	<i>Carga de diseño (Wd)</i> .....	31
3.2.	Análisis por elementos finitos de la estructura.....	32
3.2.1.	<i>Análisis establecidos por el R.F.E.d.A.</i> .....	32
3.2.2.	<i>Cargas Aplicadas para los Análisis</i> .....	32
3.2.2.1.	<i>Carga superior</i> .....	32
3.2.2.2.	<i>Carga lateral</i> .....	33
3.2.2.3.	<i>Carga frontal</i> .....	33
3.2.2.4.	<i>Carga de vuelco</i> .....	33
3.2.3.	<i>Análisis estructural</i> .....	34

3.2.3.1.	<i>Calidad de la malla</i> .....	34
3.2.3.2.	<i>Factor de seguridad</i> .....	35
3.2.4.	<i>Análisis antes de reforzar la estructura del Habitáculo</i> .....	35
3.2.4.1.	<i>Análisis de carga superior</i> .....	36
3.2.4.2.	<i>Análisis de carga lateral</i> .....	38
3.2.4.3.	<i>Análisis de carga frontal</i> .....	40
3.2.4.4.	<i>Análisis de vuelco</i> .....	42
3.2.5.	<i>Análisis después de reforzar la estructura del Habitáculo</i> .....	45
3.2.5.1.	<i>Análisis de carga superior</i> .....	45
3.2.5.2.	<i>Análisis de carga lateral</i> .....	47
3.2.5.3.	<i>Análisis de carga frontal</i> .....	49
3.2.5.4.	<i>Análisis de vuelco</i> .....	51
3.2.6.	<i>Comparación de los análisis respectivos</i> .....	54
3.3.	<i>Parámetros de diseño del depósito de combustible</i> .....	55
3.3.1.	<i>Geometría del depósito de combustible</i> .....	55
3.3.2.	<i>Selección de materiales</i> .....	56
3.3.3.	<i>Proceso de chapa metálica</i> .....	57
3.3.3.1.	<i>Doblado</i> .....	58
3.3.3.2.	<i>Embutido (estirado)</i> .....	58
3.3.3.2.1.	<i>Defectos en el embutido</i> .....	59
3.3.3.2.2.	<i>Dimensionamiento de la pieza a embutir</i> .....	60
3.3.3.2.3.	<i>Embutido de partes rectangulares</i> .....	63
3.3.3.2.4.	<i>Parámetros geométricos de la parte rectangular</i> .....	65
3.3.3.2.5.	<i>Relación de embutido</i> .....	67
3.3.3.2.6.	<i>Fuerza de embutido</i> .....	68
3.3.3.2.7.	<i>Velocidad de Embutición</i> .....	69
3.3.3.2.8.	<i>Lubricación para la embutición</i> .....	69
3.3.3.3.	<i>Corte</i> .....	69
3.3.4.	<i>Rompeolas</i> .....	70
3.3.5.	<i>Cuello de llenado del depósito de combustible</i> .....	70
3.3.6.	<i>Accesorios del depósito de combustible</i> .....	71
3.3.6.1.	<i>Bomba de combustible</i> .....	71
3.3.6.2.	<i>Tapa de la boca de llenado de combustible</i> .....	71
3.3.6.3.	<i>Tapón de drenaje</i> .....	71
3.3.6.4.	<i>Cañerías</i> .....	71

3.3.6.4.1.	<i>Alta presión</i> .....	72
3.3.6.4.2.	<i>Baja presión</i> .....	72
3.3.6.5.	<i>Abrazaderas</i> .....	72
3.3.7.	<i>Ubicación del depósito de combustible</i> .....	73
3.4.	Diseño y Análisis por elementos finitos del Depósito de Combustible .....	73
3.4.1.	<i>Modelado del depósito de combustible</i> .....	73
3.4.2.	<i>Análisis por elementos finitos</i> .....	76
3.4.2.1.	<i>Análisis del Flujo del Fluido (CFX)</i> .....	77
3.4.2.1.1.	<i>Comportamiento del flujo del fluido (Gasolina)</i> .....	78
3.4.2.1.2.	<i>Solución del problema</i> .....	79
3.4.2.2.	<i>Análisis estructural de presión hidrostático</i> .....	81
3.4.2.2.1.	<i>Resultados del Postproceso</i> .....	82
<b>4.</b>	<b>CONSTRUCCIÓN</b>	
4.1.	Reforzamiento de la Estructura del Habitáculo .....	85
4.1.1.	<i>Adquisición del material</i> .....	85
4.1.2.	<i>Preparación del material</i> .....	85
4.1.2.1.	<i>Marcado e inspección</i> .....	85
4.1.2.2.	<i>Cortado</i> .....	86
4.1.2.3.	<i>Preparado</i> .....	86
4.1.3.	<i>Ubicación de los refuerzos del habitáculo</i> .....	86
4.1.3.1.	<i>Refuerzo superiores</i> .....	87
4.1.3.2.	<i>Refuerzo frontales</i> .....	87
4.1.3.3.	<i>Refuerzo laterales</i> .....	88
4.1.4.	<i>Soldadura</i> .....	89
4.1.4.1.	<i>Proceso de soldadura de los refuerzos</i> .....	90
4.1.5.	<i>Pulido y pintado de la estructura</i> .....	91
4.2.	Construcción e Implementación del Depósito de Combustible .....	91
4.2.1.	<i>Parámetros de construcción</i> .....	91
4.2.1.1.	<i>Material</i> .....	92
4.2.1.2.	<i>Costo</i> .....	92
4.2.1.3.	<i>Construcción</i> .....	92
4.2.1.4.	<i>Soldadura</i> .....	92
4.2.1.5.	<i>Selección de los elementos del sistema de baja presión</i> .....	93
4.2.1.5.1.	<i>Bomba de combustible</i> .....	93

4.2.1.5.2.	<i>Carcasa de la bomba de combustible</i> .....	93
4.2.1.5.3.	<i>Tapa para toma de llenado de combustible</i> .....	94
4.2.1.5.4.	<i>Cañerías del sistema de baja presión</i> .....	94
4.2.1.5.5.	<i>Abrazaderas</i> .....	94
4.2.1.6.	<i>Resistencia a contaminantes atmosféricos</i> .....	94
4.2.1.7.	<i>Ubicación y Facilidad de mantenimiento</i> .....	94
4.2.1.8.	<i>Lugar de construcción</i> .....	94
4.2.2.	<i>Materiales, Equipos y Herramienta para el Proceso de Construcción</i> .....	94
4.2.2.1.	<i>Materiales</i> .....	94
4.2.2.2.	<i>Equipos y Herramientas</i> .....	95
4.2.3.	<i>Proceso de Construcción</i> .....	96
4.2.3.1.	<i>Dimensionamiento del material</i> .....	96
4.2.3.2.	<i>Corte del material</i> .....	96
4.2.3.3.	<i>Embutido de material</i> .....	96
4.2.3.4.	<i>Preparación del molde superior e inferior del depósito</i> .....	98
4.2.3.5.	<i>Construcción e implementación del rompeolas</i> .....	101
4.2.3.6.	<i>Soldadura de los moldes del depósito de combustible</i> .....	102
4.2.3.7.	<i>Implementación del sistema de alimentación de baja presión</i> .....	103
4.2.3.8.	<i>Ubicación del depósito de combustible en el prototipo</i> .....	105
4.2.3.9.	<i>Instalación del sistema de baja presión</i> .....	107
<b>5.</b>	<b>PRUEBAS</b>	
5.1.	Inspección Visual .....	108
5.2.	Prueba térmica del depósito de combustible .....	110
5.3.	Ensayos de Tintas Penetrantes .....	112
5.3.1.	<i>Criterios de Aceptación</i> .....	113
5.3.2.	<i>Equipos, Herramientas y Materiales</i> .....	113
5.3.3.	<i>Informe de Ensayos de Tintas Penetrantes en el Depósito de Combustible</i> .....	114
5.3.4.	<i>Informe de Ensayos de Tintas Penetrantes en la Estructura del habitáculo</i> .....	116
<b>6.</b>	<b>COSTOS EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO</b>	
6.1.	Costos directos .....	118
6.2.	Costos indirectos .....	119
6.3.	Costo total .....	120

**7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

7.1. Conclusiones ..... 121

7.2. Recomendaciones ..... 122

**BIBLIOGRAFÍA**

**PLANOS**



## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b> Especificaciones de la estructura base.....	8
<b>Tabla 2-2:</b> Elementos de la seguridad activa y pasiva .....	10
<b>Tabla 3-2:</b> Tipos de modelos computarizados .....	22
<b>Tabla 1-3:</b> Propiedades de aceros estructurales A 500 grado B.....	25
<b>Tabla 2-3:</b> Dimensiones del Buggy.....	26
<b>Tabla 3-3:</b> Pesos a los que va a estar sometido el prototipo.....	26
<b>Tabla 3-3 (Continúa):</b> Pesos a los que va a estar sometido el prototipo .....	27
<b>Tabla 4-3:</b> Resultados calculados.....	28
<b>Tabla 5-3:</b> Ubicación del centro de gravedad .....	29
<b>Tabla 6-3:</b> Distribución de cargas para el análisis de vuelco .....	43
<b>Tabla 7-3:</b> Distribución de cargas para el análisis de vuelco .....	52
<b>Tabla 8-3:</b> Comparación de resultados obtenidos .....	54
<b>Tabla 9-3:</b> Composición Química del Acero Inoxidable AISI 304.....	56
<b>Tabla 10-3:</b> Propiedades Físicas del Acero Inoxidable AISI 304 .....	57
<b>Tabla 11-3:</b> Propiedades Mecánicas del Acero Inoxidable AISI 304 .....	57
<b>Tabla 12-3:</b> Lubricantes para la embutición .....	69
<b>Tabla 13-3:</b> Datos de entrada para el análisis del flujo del fluido (Gasolina).....	77
<b>Tabla 14-3:</b> Datos de entrada para en análisis.....	81
<b>Tabla 15-3:</b> Propiedades del material.....	81
<b>Tabla 1-4:</b> Materiales para el proceso de construcción del depósito de combustible .....	95
<b>Tabla 2-4:</b> Equipos de protección personal.....	95
<b>Tabla 3-4:</b> Máquinas y Herramientas para el proceso de construcción.....	95
<b>Tabla 1-5:</b> Ensayo por Inspección Visual .....	109

<b>Tabla 1-5 (Continúa):</b> Ensayo por Inspección Visual.....	110
<b>Tabla 2-5:</b> Características de la Cámara Termográfica.....	110
<b>Tabla 3-5:</b> Prueba térmica del depósito de combustible .....	111
<b>Tabla 3-5 (Continúa):</b> Prueba térmica del depósito de combustible.....	112
<b>Tabla 4-5:</b> Tintas Penetrantes de 500 mml.....	113
<b>Tabla 5-5:</b> Equipos/ herramientas para el Ensayos de Tintas Penetrantes .....	114
<b>Tabla 6-5:</b> Ensayos de Tintas Penetrantes en el Depósito de Combustible .....	114
<b>Tabla 6-5 (Continúa):</b> Ensayos de Tintas Penetrantes en el Depósito de Combustible.....	115
<b>Tabla 7-5:</b> Ensayos de Tintas Penetrantes en la Estructura del habitáculo .....	116
<b>Tabla 7-5 (Continúa):</b> Ensayos de Tintas Penetrantes en la Estructura del habitáculo.....	117
<b>Tabla 1-6:</b> Costos directos .....	118
<b>Tabla 1-6 (Continúa):</b> Costos directos.....	119
<b>Tabla 2-6:</b> Costos indirectos .....	119
<b>Tabla 3-6:</b> Costo total.....	120

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b> Vehículo Buggy .....	4
<b>Figura 2-2:</b> Vehículo Híbrido .....	5
<b>Figura 3-2:</b> Chasis.....	5
<b>Figura 4-2:</b> Bastidor tipo escalera.....	6
<b>Figura 5-2:</b> Chasis de columna vertebral .....	6
<b>Figura 6-2:</b> Chasis de estructura tubular .....	6
<b>Figura 7-2:</b> Chasis tipo monocasco.....	7
<b>Figura 8-2:</b> Tirante diagonal .....	8
<b>Figura 9-2:</b> Refuerzo de puertas.....	9
<b>Figura 10-2:</b> Refuerzo del Techo .....	9
<b>Figura 11-2:</b> Refuerzo del Parabrisas.....	9
<b>Figura 12-2:</b> Componentes del circuito de combustible .....	12
<b>Figura 13-2:</b> Componentes de la bomba de combustible.....	12
<b>Figura 14-2:</b> Sección de la bomba de combustible .....	13
<b>Figura 15-2:</b> Efecto del carbono en la soldabilidad del acero.....	16
<b>Figura 16-2:</b> El acero inoxidable forma una capa de óxido de cromo .....	17
<b>Figura 17-2:</b> Cuando es rayado, esta película protectora es removida.....	17
<b>Figura 18-2:</b> La capa protectora es restaurada. ....	17
<b>Figura 19-2:</b> Ensayos de Tintas Penetrantes .....	21
<b>Figura 20-2:</b> Modelo de mallado .....	22
<b>Figura 21-2:</b> Calidad de Mallado .....	23
<b>Figura 1-3:</b> Distribución de los pesos .....	27
<b>Figura 2-3:</b> Calidad del mallado .....	35

<b>Figura 3-3:</b> Aplicación de Soportes .....	35
<b>Figura 4-3:</b> Aplicación de cargas .....	36
<b>Figura 5-3:</b> Deformación total .....	36
<b>Figura 6-3:</b> Esfuerzo máximo .....	37
<b>Figura 7-3:</b> Factor de seguridad .....	37
<b>Figura 8-3:</b> Factor de seguridad a fatiga .....	37
<b>Figura 9-3:</b> Refuerzos en la parte superior.....	38
<b>Figura 10-3:</b> Aplicación de cargas .....	38
<b>Figura 11-3:</b> Deformación total .....	39
<b>Figura 12-3:</b> Esfuerzo máximo .....	39
<b>Figura 13-3:</b> Factor de seguridad .....	39
<b>Figura 14-3:</b> Factor de seguridad a la fatiga .....	40
<b>Figura 15-3:</b> Refuerzos en la parte lateral.....	40
<b>Figura 16-3:</b> Aplicación de cargas .....	40
<b>Figura 17-3:</b> Deformación total .....	41
<b>Figura 18-3:</b> Esfuerzo máximo .....	41
<b>Figura 19-3:</b> Factor de seguridad .....	41
<b>Figura 20-3:</b> Factor de seguridad a la fatiga .....	42
<b>Figura 21-3:</b> Refuerzos en la parte frontal .....	42
<b>Figura 22-3:</b> Aplicación de cargas .....	43
<b>Figura 23-3:</b> Deformación total .....	43
<b>Figura 24-3:</b> Esfuerzo máximo .....	44
<b>Figura 25-3:</b> Factor de seguridad .....	44
<b>Figura 26-3:</b> Factor de seguridad a la fatiga .....	44
<b>Figura 27-3:</b> Aplicación de soportes.....	45

<b>Figura 28-3:</b> Aplicación de cargas .....	45
<b>Figura 29-3:</b> Deformación total .....	46
<b>Figura 30-3:</b> Esfuerzo máximo .....	46
<b>Figura 31-3:</b> Factor de seguridad .....	46
<b>Figura 32-3:</b> Factor de seguridad a la fatiga .....	47
<b>Figura 33-3:</b> Aplicación de cargas .....	47
<b>Figura 34-3:</b> Deformación total .....	47
<b>Figura 35-3:</b> Esfuerzo máximo .....	48
<b>Figura 36-3:</b> Factor de seguridad .....	48
<b>Figura 37-3:</b> Factor de seguridad a la fatiga .....	49
<b>Figura 38-3:</b> Aplicación de cargas .....	49
<b>Figura 39-3:</b> Deformación total .....	50
<b>Figura 40-3:</b> Esfuerzo máximo .....	50
<b>Figura 41-3:</b> Factor de seguridad .....	51
<b>Figura 42-3:</b> Factor de seguridad a la fatiga .....	51
<b>Figura 43-3:</b> Aplicación de cargas .....	52
<b>Figura 44-3:</b> Deformación total .....	52
<b>Figura 45-3:</b> Esfuerzo máximo .....	53
<b>Figura 46-3:</b> Factor de seguridad .....	53
<b>Figura 47-3:</b> Factor de seguridad a la fatiga .....	53
<b>Figura 48-3:</b> Doblado de la Lámina .....	58
<b>Figura 49-3:</b> Embutido de la Lámina .....	58
<b>Figura 50-3:</b> Formación de arrugas en la pared .....	59
<b>Figura 51-3:</b> Formación de pliegues en la brida o pestaña .....	59
<b>Figura 52-3:</b> Rayado superficial .....	59

<b>Figura 53-3:</b> Formación de orejas .....	60
<b>Figura 54-3:</b> Fracturas de desgarre .....	60
<b>Figura 55-3:</b> Recorte Teórico.....	61
<b>Figura 56-3:</b> Perfil del Recorte Teórico .....	61
<b>Figura 57-3:</b> Esquema del Recorte Teórico .....	63
<b>Figura 58-3:</b> Esfuerzos presentes en la embutición rectangular .....	64
<b>Figura 59-3:</b> Silueta a embutir circular o rectangular .....	64
<b>Figura 60-3:</b> Parámetros Geométricos de una Parte Rectangular .....	65
<b>Figura 61-3:</b> Operación de Corte .....	70
<b>Figura 62-3:</b> Cuello de Llenado del Depósito de Combustible.....	71
<b>Figura 63-3:</b> Modelado del depósito de combustible.....	74
<b>Figura 64-3:</b> Propiedades Físicas del Depósito de Combustible .....	74
<b>Figura 65-3:</b> Diseño del rompeolas.....	75
<b>Figura 66-3:</b> Cuello de Llenado del Depósito de Combustible Fórmula SAE.....	75
<b>Figura 67-3:</b> Cuello de Llenado del Depósito de Combustible Diseñado.....	76
<b>Figura 68-3:</b> Calidad de Mallado .....	76
<b>Figura 69-3:</b> Condiciones de Contorno.....	78
<b>Figura 70-3:</b> Comportamiento de las Variables .....	78
<b>Figura 71-3:</b> Turbulencia .....	79
<b>Figura 72-3:</b> Velocidad de la gasolina .....	80
<b>Figura 73-3:</b> Presión de la gasolina.....	80
<b>Figura 74-3:</b> Asignación del material en el software .....	81
<b>Figura 75-3:</b> Postproceso del Análisis .....	82
<b>Figura 76-3:</b> Presión hidrostática.....	82
<b>Figura 77-3:</b> Deformación total .....	83

<b>Figura 78-3:</b> Esfuerzo Equivalente (Von Mises) .....	83
<b>Figura 79-3:</b> Factor de seguridad .....	84
<b>Figura 1-4:</b> Marcado e inspección del material para los refuerzos .....	85
<b>Figura 2-4:</b> Corte del Material para los Refuerzos.....	86
<b>Figura 3-4:</b> Preparado del Material para los Refuerzos .....	86
<b>Figura 4-4:</b> Ubicación de los Refuerzos del Habitáculo .....	87
<b>Figura 5-4:</b> Construcción de Refuerzos Superiores .....	87
<b>Figura 6-4:</b> Ubicación de Refuerzos Superiores .....	87
<b>Figura 7-4:</b> Construcción de Refuerzos Frontales .....	88
<b>Figura 8-4:</b> Construcción de Refuerzos Laterales.....	88
<b>Figura 9-4:</b> Construcción de Refuerzos del Piso.....	88
<b>Figura 10-4:</b> Colocación de Puntos de Soldadura.....	89
<b>Figura 11-4:</b> Equipamiento básico para MIG o GMAW .....	90
<b>Figura 12-4:</b> Soldadura de los Refuerzos.....	90
<b>Figura 13-4:</b> Ubicación de la Pistola sobre la Superficie a Soldadura.....	90
<b>Figura 14-4:</b> Pulido de Superficies a pintar .....	91
<b>Figura 15-4:</b> Pintado de la Estructura .....	91
<b>Figura 16-4:</b> Equipo Básico para TIG.....	93
<b>Figura 17-4:</b> Trazado de las medidas para la embutición .....	96
<b>Figura 18-4:</b> Corte de la pancha de acero inoxidable AISI 304 para la embutición .....	96
<b>Figura 19-4:</b> Embutidora, Matriz de Empuje y de Absorción .....	97
<b>Figura 20-4:</b> Lubricación de la Embutidora y del Material a Embutir.....	97
<b>Figura 21-4:</b> Inicio de la embutición del material.....	97
<b>Figura 22-4:</b> Embutición del material para el depósito de combustible .....	98
<b>Figura 23-4:</b> Moldes embutidos.....	98

<b>Figura 24-4:</b> Recorte del exceso de material de los bordes de los moldes embutidos .....	98
<b>Figura 25-4:</b> Corte de los bordes que darán forma al depósito de combustible.....	99
<b>Figura 26-4:</b> Unión de los bordes del cuerpo principal del depósito de combustible .....	99
<b>Figura 27-4:</b> Agujeros para la bomba de gasolina y la toma de llenado.....	99
<b>Figura 28-4:</b> Corte del tubo de acero inoxidable AISI 304.....	100
<b>Figura 29-4:</b> Preparación del tubo para la toma de llenado .....	100
<b>Figura 30-4:</b> Soldadura de la toma de llenado sobre el molde superior.....	100
<b>Figura 31-4:</b> Taladrado de agujeros para fijar la bomba de gasolina.....	101
<b>Figura 32-4:</b> Tapón para el drenado de combustible .....	101
<b>Figura 33-4:</b> Dimensionamiento del rompeolas.....	101
<b>Figura 34-4:</b> Paredes del rompeolas.....	102
<b>Figura 35-4:</b> Soldadura del rompeolas.....	102
<b>Figura 36-4:</b> Tapones de Neopreno .....	102
<b>Figura 37-4:</b> Soldadura de los moldes que darán forma al depósito de combustible.....	103
<b>Figura 38-4:</b> Bomba de combustible y sus elementos .....	104
<b>Figura 39-4:</b> Adaptación la bomba de gasolina a la carcasa.....	104
<b>Figura 40-4:</b> Soporte Mecanizado y Junta Tórica.....	104
<b>Figura 41-4:</b> Montaje de la bomba de gasolina sobre el depósito de combustible .....	105
<b>Figura 42-4:</b> Tapa para la toma de llenado .....	105
<b>Figura 43-4:</b> Soportes para el depósito de combustible .....	106
<b>Figura 44-4:</b> Ubicación de los soportes para el depósito de combustible.....	106
<b>Figura 45-4:</b> Canales para la fijación del depósito de combustible .....	106
<b>Figura 46-4:</b> Instalación de los elementos de baja presión .....	107
<b>Figura 1-5:</b> Recubrimiento del depósito de combustible con tela térmica.....	112
<b>Figura 2-5:</b> Tintas Penetrantes de 500 mml .....	113



## LISTA DE ABREVIACIONES

CAD	Diseño asistido por computadora
CAM	Manufactura asistido por computadora
CAE	Ingeniería asistido por computadora
MEF	Método de elementos finitos
ASTM	Sociedad americana de pruebas y materiales
INEN	Instituto ecuatoriano de normalización
R.F.E.d.A	Real federación española del automovilismo
AISI	Instituto americano del hierro y el acero
AWS	Sociedad americana de soldadura
SMAW	Soldadura por arco con electrodo revestido
TIG	Soldadura con gas inerte de tungsteno
MIG	Soldadura con gas inerte de metal
MAG	Soldadura con gas activo de metal
GTAW	Soldadura de arco con gas de tungsteno

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación tiene por objetivo reforzar la estructura del habitáculo del Vehículo Híbrido Tipo Buggy Biplaza 4X4 y construir e implantar un depósito de combustible para el motor Isuzu 2000 cc que posee el prototipo en la Carrera De Ingeniera Automotriz, para lo cual se analizó y recopiló información basadas en normas y reglamentos que rigen las características y parámetros necesarias para reforzar la estructura del habitáculo y construcción el depósito de combustible. Para reforzar la estructura de habitáculo se realizó un análisis estructural por medio de software Ansys, en el cual se modelo y simuló el comportamiento de la estructura al aplicar cargas distribuidas en diferentes zonas del habitáculo, que rigen en el reglamento de la Real Federación del Automovilismo, utilizando el material acero ASTM A 500 grado B para los refuerzos, el cual es el más común utilizado para la construcción de carrocerías. Se Diseñó el Depósito de Combustible en el software SolidWorks utilizando las especificaciones de las normativas INEN 2310, 2311 y de la Fórmula SAE con una capacidad de almacenamiento de 22 litros que satisfacen las necesidades del motor Isuzu 2000 cc que posee el prototipo. En el software Ansys se realizó un análisis de deformación y esfuerzo máximo que existe por la presión que ejerce el combustible en el interior del depósito, en el cual se obtuvo un factor de seguridad confiable para su construcción. En los análisis del depósito de combustible se utilizó el Acero Inoxidable AISI 304, debido a que este material es apropiado para la construcción mediante el proceso de embutido. Construido el depósito de combustible se seleccionó los elementos del sistema de alimentación de baja presión adecuados para el motor. El reforzamiento de la estructura del habitáculo se realizó de acuerdo a los planos obtenidos del diseño. El resultado obtenido fue una estructura del habitáculo óptimo que cumple con los parámetros y especificaciones descritas en la Norma INEN 1323 y el Reglamento de la R.F.E.d.A., para Buggies, de esta manera garantiza la seguridad de los ocupantes.

**PALABRAS CLAVES:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <BUGGY (VEHÍCULO)>, <HABITÁCULO>, <REFUERZOS>, <EMBUTICIÓN>, <SOLADURA>, <SEGURIDAD>

## ABSTRACT

In this research, the proposal is based on the objective of reinforcing the Hybrid Buggy 4X4 vehicle structure to build and to implement a fuel tank for the Isuzu 2000 cc engine. It has the prototype in the Automotive Engineering Career for which it was analyzed and collected information based on rules and regulations that govern the characteristics and necessary parameters to reinforce the passenger's compartment structure, and to build the fuel tank. To reinforce the passenger's compartment structure a structural analysis was carried out using the Ansys software, in which the behavior and the structure of it was modeled and simulated by applying distributive loads in different areas of the passenger's compartment, which are governed by the regulations of the Royal Automobile Federation. The material used was the steel material American Society for Testing and Materials A 500 rank B for the reinforcements, which is the most common used for the bodies work construction. The fuel tank was designed by the SolidWorks software, using the INEN 2310, 2311 regulations and specifications, and the Society of Automotive Engineers formula with a storage capacity of 22 liters that fulfills the 2000 cc engine needs. This engine has the required prototype. In the Ansys software, a deformation and maximum stress analysis was made due to the pressure exerted by the fuel inside the tank, as a result, a safety factor was obtained for its construction. The American Iron and Steel Institute 304 stainless steel was used in the fuel tank analysis due to this material is suitable for construction through the drawing process. Once the fuel tank was built, the elements of the low pressure feed system suitable for the engine was selected. The reinforcement of the passenger's compartment was made according to the plans obtained from the design. The result was an optimal passenger compartment structure that meets the parameters and specifications described in the INEN 1323 Standard, and the Regulation of the Royal Spanish Automobile Federation., for Buggies, in this way the occupants' safety is guaranteed

**KEY WORDS:** TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES, BUGGY VEHICLE, PASSENGER COMPARTMENT, REINFORCEMENTS, DRAWING PROCESS, WELDING, SECURITY.

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes

Los vehículos Tipo Buggy Biplaza 4x4 son utilizados en la zona urbana y rural; donde, la población les da uso en los diferentes trabajos de campo, ya que tienen la capacidad para circular por todo tipo de terreno, además pueden ser empleados para usos recreativos, competición y turismo. (Cascajosa, 2000)

El primer Buggy fue fabricado hace 50 años atrás por Bruce F. Meyers sobre la base de un Volkswagen Escarabajo, el cual consistía en un monocasco montado sobre los ejes y la dirección de un Volkswagen Escarabajo, con dos asientos y un motor bóxer refrigerado por aire. (Salinas, 2015)

Es importante en el momento de un choque, que la carrocería se deforme todo lo que se pueda para no transmitir la energía de la colisión a los ocupantes y por otra parte interesa que el chasis se deforme lo menos posible, a fin de no alterar las características geométricas de los elementos que se acoplan en él. (Alonso Pérez, 2010)

El chasis tubular del vehículo híbrido tipo Buggy 4 x 4 alberga un motor de combustión interna que trabaja a base de quemar combustible, el cual debe ser almacenado en un depósito, el mismo que satisfaga las necesidades de consumo del motor. En el país no se fabrican depósitos de combustible, por lo que surge la necesidad de su construcción, que sea de un diseño hermético, seguro para líquidos inflamables y que los materiales cumplan con propiedades específicas de resistencia a las diferentes temperaturas, corrosión y golpes, de esta manera evitar que el combustible se derrame o se evapore y pueda generar daños personales o contaminación al medio ambiente. (AUTOBODY Magazine, 2014)

En el ámbito de este proyecto tecnológico se desarrollará una adecuada investigación y su debida sustentación en base a las normas técnicas; será factible realizar el análisis estructural del habitáculo del Vehículo Híbrido Tipo Buggy Biplaza 4 X 4 y la construcción de un depósito de combustible como elemento principal del motor en el sistema de alimentación del circuito de baja presión del prototipo, promovido por La Carrera de Ingeniería Automotriz.

## **1.2. Justificación**

En el marco de este proyecto tecnológico del Vehículo Híbrido Tipo Buggy Biplaza 4x4, la estructura es aquella que sujeta todos elementos que le dan forma al conjunto. En lo esencial, la estructura es eficaz, al combinar de forma óptima una alta rigidez con el mínimo peso, dando confort, facilitando su conducción, evacuación y brindando la seguridad necesaria para garantizar la integridad de los ocupantes en caso de una colisión. (Alonso Pérez, 2010; Cascajosa, 2000)

Además, es importante integrar un depósito de combustible que cumpla con las especificaciones del Vehículo Híbrido Tipo Buggy Biplaza 4x4, este tiene que ser hermético, resistente a diferentes temperaturas, corrosión y golpes, debido a que están expuestos a las exigencias del medio ambiente, lo que ocasiona un deterioro rápido del mismo. (AUTOBODY Magazine, 2014)

Por lo tanto, se plantea el diseño por medio de software, que permita determinar los esfuerzos a las que van a estar sometidos cada uno de los componentes, obteniendo resultados semejantes a la realidad. Una vez plasmado esto, se llevará a cabo la construcción física del depósito de combustible y el reforzamiento de la estructura del habitáculo, en base a las Normas Técnicas, que establece ciertas condiciones de seguridad, confiabilidad y confort.

En el marco del trabajo de titulación que se presenta, se propone realizar el análisis estructural del habitáculo, el cual garantice el confort y la seguridad de los ocupantes, además se propone fabricar un depósito de combustible que satisfaga las necesidades del motor conforme al dimensionamiento del Vehículo Híbrido tipo Buggy Biplaza 4x4, el cual es resultado del desarrollo de varios trabajos de titulación de la Carrera de Ingeniera Automotriz.

## **1.3. Objetivos**

### ***1.3.1. Objetivo general***

Analizar las cargas que intervienen en la estructura del habitáculo y fabricar el depósito de combustible, mediante la utilización de tecnologías del medio local para garantizar el confort y seguridad de los ocupantes en el Vehículo Híbrido Tipo Buggy Biplaza 4x4.

### ***1.3.2. Objetivos específicos***

- Investigar normas de diseño, construcción y seguridad, mediante revisión bibliográfica para obtener un diseño del habitáculo y depósito de combustible acorde a las exigencias del medio.

- Realizar un análisis de esfuerzos de la estructura del habitáculo, mediante el método de elementos finitos (MEF), utilizando software de simulación, para determinar los aspectos de mejora al diseño previo.
- Diseñar un depósito de combustible mediante un software CAD realizando simulaciones de presión y resistencia de materiales para su construcción.
- Construir un depósito de combustible y reforzar la estructura del habitáculo utilizando tecnologías del medio local, para el Vehículo Híbrido tipo Buggy biplaza 4x4.
- Realizar pruebas constructivas de la estructura del habitáculo y depósito de combustible en el Vehículo Híbrido tipo Buggy biplaza 4x4 para la Carrera de Ingeniería Automotriz.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Buggy

Un Buggy es un vehículo diseñado y construido para todo terreno. Los primeros Buggies se construyeron sobre la base de un Volkswagen escarabajo, su nombre viene del inglés “bicho” bug. Se comenzaron a construir Buggies en serie, como los de turismo, de la misma manera nació como hobby los prototipos construidos de forma artesanal. (SoloBuggys, 2014)



**Figura 1-2:** Vehículo Buggy

**Fuente:** (SoloBuggys, 2014)

Los aficionados a este mundo son los que disfrutan con la conducción rápida y sin fronteras que este tipo de vehículo les permite realizar, aunque también hay una gran cuota de mercado que los compra para trabajar en el campo gracias a que pueden llegar y arrastrar a casi cualquier parte de la geografía material o personas. El ejército tiene muchísimos Buggies adaptados de forma bélica para los cuerpos terrestres gracias a su gran maniobrabilidad y potencia. (SoloBuggys, 2014)

#### 2.2. Vehículo Híbrido

Un vehículo híbrido es la composición de un motor térmico y un motor eléctrico que depende uno de otro. Un módulo es el encargado de indicar qué motor funciona en cada instante, de esta manera mantiene una eficiencia máxima y mínima reduciendo el consumo y las emisiones. (Tecvolución, 2017)



**Figura 2-2:** Vehículo Híbrido

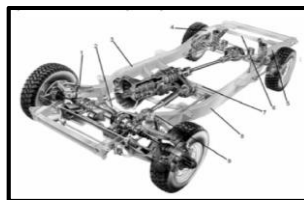
**Fuente:** (Tecnología, 2017)

Un motor híbrido es la composición de dos motores para conseguir una mayor eficiencia de combustible y disminuir la cantidad de emisiones y con ello se consiguen consumos muy reducidos, sobre todo en maniobras y circulación a bajas velocidades. (Tecnología, 2017)

### **2.3. Chasis Tipo Buggy**

Un chasis tipo Buggy es el encargado de sujetar a los mecanismos adicionales y está fabricado con uno o varias clases de materiales. La estructura de un vehículo, al comienzo de la historia se copió de los bastidores de los empleados en los carruajes de esa época. Hasta los años 1940 se basó en dos largueros longitudinales, enlazados mediante travesaños. (Cascajosa, 2005)

El chasis es el armazón metálico sobre lo que se montan y relacionan todos los elementos del automóvil: la carrocería, el motor y la transmisión por un lado y la suspensión con la rueda por el otro. Normalmente está constituido; ver la figura 3-2, por dos largueros unidos entre sí por varios travesaños, todas ellas de acero estampado con sección en U, tubular y rectangular. (Ariaz- Paz, 2004)



**Figura 3-2:** Chasis

**Fuente:** (Alonso Pérez, 2010)

#### **2.3.1. Tipos de chasis**

##### **2.3.1.1. Chasis tipo escalera**

Es el más antiguo y común, además este tipo de chasis es barato de fabricar ya que tiene un diseño básico en comparación a otros, pero con una desventaja de poca profundidad de la estructura general, dándole un centro de gravedad muy bajo. (Mecánica y Motores, 2013)





**Figura 4-2:** Bastidor tipo escalera

**Fuente:** <https://albrodpulf1.wordpress.com/2014/10/16/analisis-tecnico-chasis/>

#### 2.3.1.2. *Chasis tipo columna vertebral*

Esta estructura fue creada por Colin Chapman. La columna vertebral de la estructura es la encargada de soportar todos los dispositivos de trabajo del vehículo. Este bastidor se utiliza sobre todo en los roadsters, pero la desventaja es que son muy pesados y demasiado caros para ser utilizados en autos deportivos producirlos en masa. (Mecanica y Motores, 2013)



**Figura 5-2:** Chasis de columna vertebral

**Fuente:** <https://www.motoryracing.com/coches/noticias/chasis-automotriz-y-su-evolucion/>

#### 2.3.1.3. *Chasis tipo tubular*

Este tipo de chasis fue creado por el carrocerio italiano Touring en 1937. Esta carrocería tipo tubular es utilizada en vehículos deportivos, que son fabricados de una red de tubos finos recubiertos con láminas o partes no metálicas como fibra de carbono o fibra de vidrio, obteniendo una carrocería de gran rigidez y resistencia con muy poco peso. (Mecanica y Motores, 2013)



**Figura 6-2:** Chasis de estructura tubular

**Fuente:** <http://ortizalvarosua12.blogspot.com/2012/10/tipo-de-carrocerias.html>

#### 2.3.1.4. *Chasis tipo monocasco*

Este tipo de chasis es muy utilizado ya que tiene un costo reducido de producción, el mismo que puede ser de estructura tubular con recubrimiento en fibra de vidrio. Este tipo de chasis también se lo conoce como carrocería autoportante puesto que la chapa externa del vehículo resiste toda o parte de la carga estructural. Su uso está limitada solo para terrenos planos. (Alonso Pérez, 2010)



**Figura 7-2:** Chasis tipo monocasco

Fuente: <http://www.stahl-tek.com/como.html>

## 2.4. **Reglamento de la Real Federación Española del Automovilismo**

El presente reglamento está destinado a la homologación de estructuras de seguridad ante la Real Federación Española de Automovilismo (de ahora en adelante R.F.E. de A.) para vehículos. El diseño de la estructura de seguridad presentada a la R.F.E. de A. para su aprobación y posterior homologación, así como las dimensiones de los tubos utilizados, deberá ser conforme a los siguientes artículos según el grupo al que pertenezca el vehículo. (Real Federación Española del Automovilismo, 2017)

- Prototipos E1 Nacional y E2 Nacional
- Buggies
- CM Promoción y CM +
- Car Cross y Junior Car Cross

Para cualquier grupo, el conjunto de la estructura de seguridad (diseño + dimensiones) deberá cumplir con los requisitos de aceptación del estudio de resistencia de materiales por elementos finitos obligatorio y descrito en este reglamento. (Real Federación Española del Automovilismo, 2017)




### 2.4.1. *Especificaciones de la estructura para todos los grupos*

En la construcción de una estructura, deberán cumplir con las especificaciones del Anexo J.

#### 2.4.1.1. *Estructura base*

La estructura base debe estar realizada de acuerdo a la tabla 1-2:

**Tabla 1-2:** Especificaciones de la estructura base

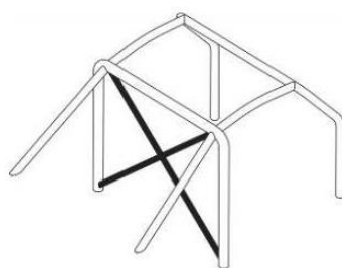
Estructura Base 1	Estructura Base 2	Estructura Base 3
1 Arco Principal 1 Arco Frontal 2 Miembros Longitudinales 2 Tirantes Longitudinales Traseros 6 Puntos De Anclaje	2 Arcos Laterales 2 Miembros Transversales 2 Tirantes Longitudinales Traseros 6 Puntos De Anclaje	1 Arco Principal 2 Laterales 1 Miembro Transversal 2 Tirantes Longitudinales Traseros 6 Puntos De Anclaje
		

**Fuente:** (Real Federación Española del Automovilismo, 2017, pp. 4-5)

#### 2.4.1.2. Refuerzos obligatorios

##### 2.4.1.2.1. Tirante diagonal

La estructura debe tener dos miembros diagonales en el arco principal de acuerdo a la siguiente figura 8-2.

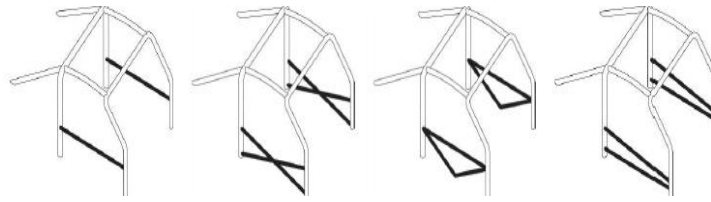


**Figura 8-2:** Tirante diagonal

**Fuente:** (Real Federación Española del Automovilismo, 2017, p. 5)

##### 2.4.1.2.2. Refuerzo de puertas

Se deberán montar miembros longitudinales a cada lado del vehículo de acuerdo a la figura 9-2.

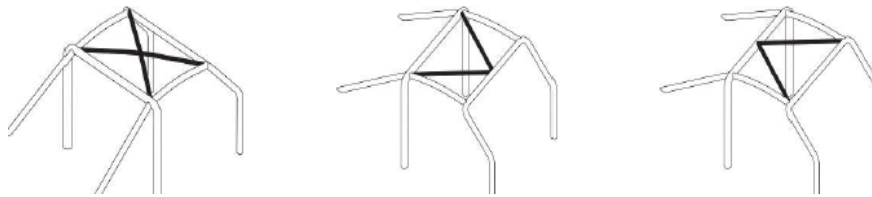


**Figura 9-2:** Refuerzo de puertas

**Fuente:** (Real Federación Española del Automovilismo, 2017, p. 6)

#### 2.4.1.2.3. Refuerzo del Techo

La parte superior de la estructura de seguridad debe reforzarse con miembros conformes a la figura 10-2.

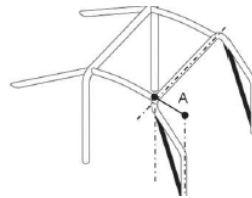


**Figura 10-2:** Refuerzo del Techo

**Fuente:** (Real Federación Española del Automovilismo, 2017, p. 6)

#### 2.4.1.2.4. Refuerzo del Parabrisas

Deben estar montados a cada lado del arco delantero según la figura 11-2.



**Figura 11-2:** Refuerzo del Parabrisas

**Fuente:** (Real Federación Española del Automovilismo, 2017, p. 7)

Todos los refuerzos mencionados deben estar unidos por una soldadura mínima de 4 mm, de acuerdo con el Reglamento de Homologación de Estructuras de Seguridad de la R.F.E.d.A.

## 2.5. Seguridad en el habitáculo

### 2.5.1. Seguridad activa

La seguridad activa o primaria es la que debe tener un vehículo para evitar que se produzca un accidente. Este tipo de seguridad engloba todos los elementos del vehículo cuya misión es mejorar las condiciones dinámicas del mismo para contribuir a la disminución del número de accidentes. Comprende un conjunto de elementos destinados a que el conductor tenga siempre un completo

y perfecto dominio sobre su vehículo, procurando que sea dueño de sus movimientos en cada momento. Como elementos de este grupo tenemos los frenos, dirección, potencia, etc. (Sánchez, 2005)

### 2.5.2. *Seguridad pasiva*

La seguridad pasiva o secundaria comprende una serie de dispositivos cuya misión consiste en tratar de disminuir al máximo la gravedad de las lesiones producidas a las víctimas de un accidente una vez que éste se ha producido. Aquí estarían los cinturones de seguridad, estructura deformable, parabrisas laminados, etc. (Sánchez, 2005)

El principio fundamental de seguridad pasiva se basa en que el vehículo debe proteger en cualquier momento la integridad física de sus ocupantes cuando por impericia, imprudencia o cualquier otro motivo, imputable o no al conductor, se produzca una colisión o atropello. (Sánchez, 2005)

### 2.5.3. *Diferencias entre seguridad activa y pasiva*

La diferencia fundamental entre la seguridad activa y la pasiva es que la primera trata de evitar los accidentes y requiere una actuación previa del conductor. La segunda, por el contrario, no trata de evitar los accidentes, sino que intenta evitar o disminuir sus daños lesivos al mínimo, y actúa de forma automática, es decir, independientemente del comportamiento del conductor. (Sánchez, 2005)

**Tabla 2-2:** Elementos de la seguridad activa y pasiva

<b>Reglamentos de la ONU</b>	
<b>Seguridad activa</b>	<b>Seguridad pasiva</b>
Neumáticos	Protección en caso de choque
Avisadores acústicos	Salientes exteriores
Frenos	Autobuses y autocares
Prevención de incendios	Parachoques
Retrovisores de vehículos de 2 ruedas	Lunas de seguridad
Instalación de luces	Dispositivos de retención de niños
Placas traseras para vehículos lentos	Dispositivos antiempotramiento

**Fuente:** (Sánchez, 2005)

## **2.6. Depósito de combustible**

Un tanque de combustible (o tanque de gasolina) es un envase seguro para fluidos inflamables. Aunque cualquier tanque de almacenamiento de combustible puede ser llamado de esta forma, el término se aplica típicamente a parte de un sistema en el que el combustible se almacena y propulsa (bomba de combustible) o (gas presurizado) en un motor. Tanques de combustible varían en tamaño y complejidad, desde el pequeño depósito de plástico de un butano más ligero a la multi-"chambré" criogénicos hasta un tanque externo de la lanzadera de espacio. (Copro, 2016)

### **2.6.1. Características del depósito de combustible**

Los tanques de combustibles de los vehículos tradicionalmente se han hecho de acero, pero en los últimos años la mayoría de los tanques de gasolina están hechos de plástico, que es más ligero y a menudo más seguro. La colocación de los tanques de gasolina es crucial para la seguridad. (Leaf Group, 2018)

#### **2.6.1.1. Construcción de acero**

Los tanques de gasolina de acero son generalmente recubiertos con zinc o con terne, una combinación de plomo y estaño. Los fabricantes de automóviles los moldean en diferentes formas dependiendo del vehículo para el cual estén diseñados. Los tanques de acero pueden ser más seguros que los tanques de plástico en caso de incendio, ya que no se hunden ni se ablandan en un incendio y no crean humo cuando se quema. (Leaf Group, 2018)

Los tanques de combustible de metal acero o aluminio de soldadura de hojas estampadas son mayormente utilizados, aunque esta tecnología es muy buena en la limitación de las emisiones de combustibles, tiende a ser menos competitivos y por lo tanto menos en el mercado, aunque hasta tiempos recientes tanques de combustible de automoción fueron hechos casi exclusivamente de metal de hoja. (Copro, 2016)

#### **2.6.1.2. Construcción de plástico**

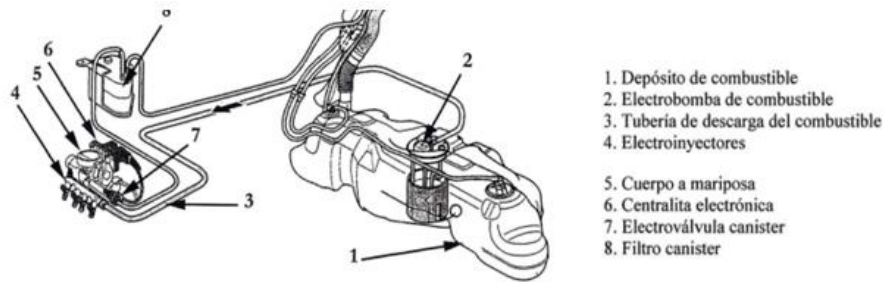
Los tanques de gasolina de plástico suelen ser la elección de los fabricantes de automóviles, ya que añaden un menor peso en el vehículo, ayudando con el rendimiento del combustible. Éstos tienden a ser más seguros en accidentes porque no tienen fisuras; no estallarán en las costuras bajo presión. Los tanques de polietileno de alta densidad de plástico resisten la rotura tanto como lo resisten los tanques de acero. (Leaf Group, 2018)

Los plásticos polietilenos de alta densidad (HDPE) son los tanques de combustible desplegados moldeado por soplado. Esta tecnología se utiliza cada vez más ya que ahora muestra su capacidad para obtener las emisiones muy bajas de combustible. Polietileno de alta densidad puede tomar

formas complejas, permitiendo que el tanque ser montado directamente sobre el eje trasero, ahorrando espacio y mejorando la seguridad del desplome. (Copro, 2016)

## 2.7. Circuito de alimentación

El circuito de alimentación del combustible incluye: el depósito, la bomba sumergida con celdilla de cebado, el filtro y el controlador de presión, el tubo de escape y el conducto de alimentación con inyectores. (Universidad Rafael Landívar, 2013)



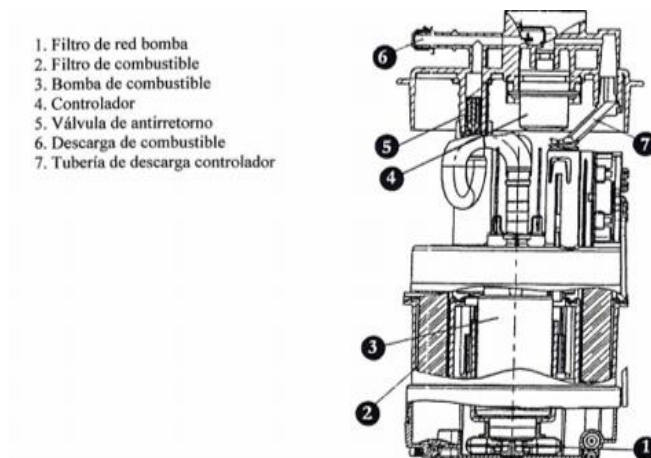
**Figura 12-2:** Componentes del circuito de combustible

**Fuente:** (Universidad Rafael Landívar, 2013)

### 2.7.1. Bomba de combustible

El módulo de alimentación está ubicado en el depósito de combustible e incluye:

- Electrobomba de combustible
- Controlador de presión del combustible
- Filtro de combustible
- Indicador del nivel del combustible (Universidad Rafael Landívar, 2013)



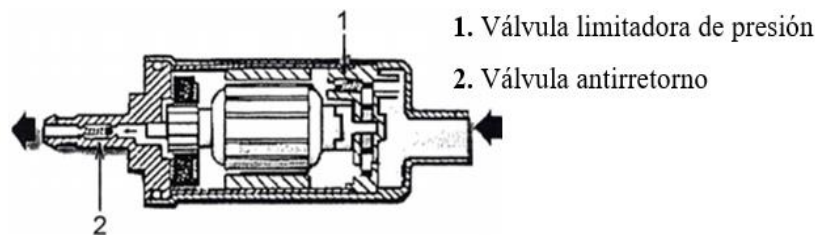
**Figura 13-2:** Componentes de la bomba de combustible

**Fuente:** (Universidad Rafael Landívar, 2013)

La bomba de combustible se encuentra en el interior de un contenedor (celdilla de alimentación) que tiene la función de garantizar el cebado de la misma, incluso en caso de bajo nivel y sacudida del combustible en el interior del depósito. (Universidad Rafael Landívar, 2013)

La bomba es de tipo volumétrico con rotor de rodillos. El caudal de la bomba es de aproximadamente 100 litros/hora para mantener constante la presión de operación en el circuito independientemente del consumo de combustible del motor. (Universidad Rafael Landívar, 2013)

La presión nominal en el circuito es de 3,5 bares. La válvula de seguridad está calibrada en 7 bares. (Universidad Rafael Landívar, 2013)



**Figura 14-2:** Sección de la bomba de combustible

Fuente: (Universidad Rafael Landívar, 2013)

## 2.8. Selección de materiales

La gran mayoría de avances tecnológicos logrados en la sociedad moderna, se han apoyado en el descubrimiento y desarrollo de materiales de ingeniería y proceso de fabricación usados en su obtención. Una adecuada selección de materiales y procesos garantiza a los diseñadores de partes mecánicas su correcto funcionamiento (performance) de los componentes diseñados. (González & Mesa, 2015)

Desde el punto de vista práctico, la posibilidad de usar varios métodos y poderlos confrontar, garantiza una mayor eficiencia en la selección correcta del material y un fin específico, como en el caso de un resorte de hoja, como se discutirá más adelante. (González & Mesa, 2015)

La mayoría de los métodos parten de la disponibilidad de una amplia gama de materiales, los cuales se debe entrar a analizar y refinar, ya sea con ayuda de recomendaciones (métodos tradicionales), mapas de materiales (método gráfico) o información escrita que se encuentran en fuentes bibliográficas o en forma de software en bases de datos virtuales. (González & Mesa, 2015)



### **2.8.1. Métodos de selección de materiales.**

#### **2.8.1.1. Método tradicional**

Con este método, el ingeniero de materiales escoge el material que cree más adecuado, con base en la experiencia de partes que tiene un funcionamiento similar y que han mostrado buenos resultados. Este método es también conocido como materiales de ingeniería de partes similares. El método mantiene buena aceptación debido a lo siguiente: El ingeniero se siente seguro con un material usado y ensayado. En algunos casos esto contribuye a la estandarización del stock. (González & Mesa, 2015)

- Las características de proceso del acero son bien conocidas.
- La disponibilidad del acero está asegurada.

Generalmente en un gran porcentaje de partes se usan aceros baratos, sin tratamiento térmico, evitando pérdida de tiempo en ensayos y procesos. Sin embargo, el uso de este método, en ocasiones conduce a serios problemas, ya que no se hace un estudio real del ambiente de trabajo del componente o equipo, el cual puede ser decisivo a la hora de escoger el material. (González & Mesa, 2015)

#### **2.8.1.2. Método gráfico**

Este método se apoya en graficas (conocidas como mapas de materiales), en las que se relacionan por pares ciertas propiedades de los materiales. El método fue diseñado exclusivamente para ser utilizado durante la etapa conceptual de la selección de materiales. En estos mapas se puede hacer una aproximación del material más adecuado (perteneciente a una determinada familia de materiales), con base en la relación de las propiedades más importantes que debe poseer el componente. (González & Mesa, 2015)

#### **2.8.1.3. Método con ayuda de base de datos**

En el internet existe una amplia gama de bases de datos sobre materiales, que han sido construidas para comercialización libre o son distribuidas por vendedores de materiales. Estas bases de datos son el resultado de investigaciones en ensayos de materiales. Las bases de datos se dividen básicamente en dos categorías, numéricas y literarias o de referencias bibliográficas. Dentro de las más importantes bases de datos están el banco de datos de la ASTM, la SAE, la ASM, la AISI, la NASA, etc... (González & Mesa, 2015)

## **2.9. Material Para La Estructura Del Habitáculo**

### **2.9.1. Acero Estructural**

En los últimos años, la producción del acero a nivel mundial ha tenido cambios significativos. Actualmente existen en el mercado nacional e internacional una gran variedad de tipos de acero que se usan en la industria de la construcción, naval, mecánica, petrolera y en diversas estructuras especiales, y que evolucionaron debido a las necesidades derivadas de los avances tecnológicos acelerados en los diversos campos de la ingeniería. (Altos Hornos de México, 2013, p. 2)

#### **2.9.1.1. Grados de acero para secciones estructurales huecas**

Las normas de acero estructural aprobadas por la ASTM para secciones estructurales huecas (HSS) son: ASTM A500, A501, A618, A847 y la A53.

ASTM A53. El acero A53 está disponible en tipos E y S, donde E denota secciones fabricadas con soldadura por resistencia y S indica soldadura sin costura. El grado B es conveniente para aplicaciones estructurales; con esfuerzo de fluencia y resistencia a la ruptura en tensión, respectivamente de 35 y 50 ksi (2 400 y 3 515 kg/cm<sup>2</sup>). (Altos Hornos de México, 2013, p. 4)

ASTM A500. Este tipo de acero está disponible en tubos de sección circular hueca HSS formados en frío en tres grados, y también en los mismos grados de tubos HSS formados en frío, de sección cuadrada y rectangular. Las propiedades para tubos cuadrados y rectangulares HSS difieren de los circulares HSS. El grado más común tiene un esfuerzo de fluencia y una resistencia de ruptura a la tensión de 46 y 58 ksi (320 MPa o 3 200 kg/cm<sup>2</sup> y 405 MPa o 4 100 kg/cm<sup>2</sup>). (Altos Hornos de México, 2013, p. 4)

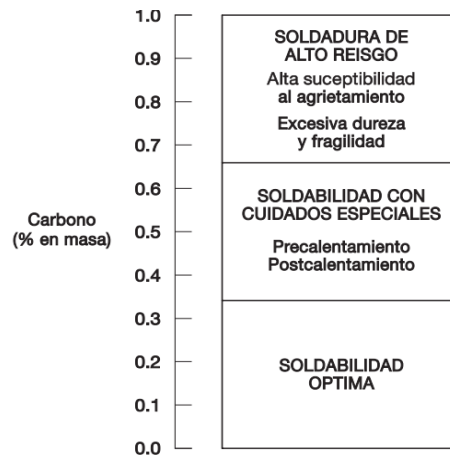
Los requisitos que deben cumplir los tubos sin costura o soldados de acero al carbono, formados en frío, que se emplean en la construcción de puentes, edificios o para cualquier fin estructural en general, con conexiones soldadas, remachadas o atornilladas. Los tubos pueden ser de sección circular, cuadrada, rectangular o de forma especial, con las siguientes dimensiones: (Altos Hornos de México, 2013, p. 4)

- Tubos soldados. Perímetro máximo de 1,626 mm y espesor de pared máximo de 15.9 mm.
- Tubos sin costura. Perímetro máximo de 1,626 mm y espesor de pared máximo de 15.9 mm. Los tubos descritos por esta norma pueden ser inadecuados para elementos sujetos a cargas dinámicas. En estos casos se recomienda consultar al fabricante.

ASTM A501. Para fines prácticos El A501 es similar al acero A36. Se usa para tubos HSS de sección circular, cuadrada y rectangular. Para el diseño de miembros estructurales de acero formados en frío, cuyos perfiles tienen esquinas redondeadas y elementos planos esbeltos, se recomienda consultar las especificaciones del Instituto Americano del Hierro y del Acero (American Iron and Steel Institute, AISI). (Altos Hornos de México, 2013, p. 4)

### 2.9.1.2. Soldabilidad

La soldabilidad se define como el conjunto de propiedades que tiene un acero estructural para permitir efectuar uniones o conexiones soldadas que presenten características suficientes de continuidad metalúrgica, tomando en cuenta que esta propiedad debe definirse respecto a un proceso de soldadura determinado. Las características del acero, y particularmente su composición química influyen de manera importante en la soldabilidad. (Altos Hornos de México, 2013, p. 16)



**Figura 15-2:** Efecto del carbono en la soldabilidad del acero

Fuente: (Altos Hornos de México, 2013, p. 16)

## 2.10. Material para el depósito de combustible

Los aceros inoxidables son aleaciones a base de hierro, con bajo contenido de carbono y un mínimo de 11% de cromo. La mayoría de los grados comerciales contiene al menos 11% de cromo y hasta 0.8% de carbono, pero algunos grados pueden añadirse otros elementos tales como níquel o molibdeno como segundo elemento de aleación.

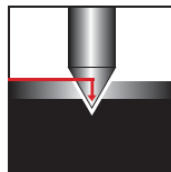
La principal característica del acero inoxidable es su alta resistencia a la corrosión, esto es debido a la formación espontánea de una capa de óxido de cromo en la superficie del acero, sin embargo, esta película invisible es extremadamente fina, está firmemente adherida al metal y es extremadamente protectora en una amplia gama de medios corrosivos. Dicha película es

rápida restaurada en presencia del oxígeno, por daños por abrasión, corte o mecanizados. (INDURA, 2010, p. 13)



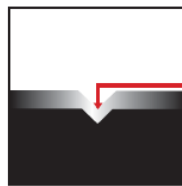
**Figura 16-2:** El acero inoxidable forma una capa de óxido de cromo

Fuente: (INDURA, 2010)



**Figura 17-2:** Cuando es rayado, esta película protectora es removida

Fuente: (INDURA, 2010)



**Figura 18-2:** La capa protectora es restaurada.

Fuente: (INDURA, 2010)

### **2.10.1. Principales Elementos de Aleación y su Influencia**

#### **2.10.1.1. Cromo**

Es el formador de Ferrita y Carburo, además es el principal responsable de la resistencia a la corrosión y de la formación de la película de óxido, pero no presenta aporte significativo en la resistencia a altas temperaturas. (INDURA, 2010, p. 14)

#### **2.10.1.2. Níquel**

Es el Formador de Austenita, adicionalmente mejora la resistencia general a la corrosión en líquidos no oxidantes. Pero también mejora la tenacidad y la ductilidad, reduce la conductividad del calor, aumenta la resistencia eléctrica, aumenta la resistencia a la fatiga, aumenta la capacidad

de ser soldado, se añade a los grados con cromo para mejorar las propiedades mecánicas. (INDURA, 2010, p. 14)

#### *2.10.1.3. Molibdeno*

Es el formador de Ferrita y Carburo, pero también es aquel que mejora la resistencia a temperaturas elevadas, además aumenta la resistencia general a la corrosión en medios no oxidantes. (INDURA, 2010, p. 14)

### **2.10.2. Clases de Acero Inoxidable**

El acero inoxidable puede ser clasificado en cinco diferentes familias; cuatro de éstas corresponden a las particulares estructuras cristalinas formadas en la aleación: austenita, ferrita, martensita, y dúplex (austenita más ferrita); mientras que la quinta familia son las aleaciones endurecidas por precipitación, que están basadas más en el tipo de tratamiento térmico usado que en la estructura cristalina. (CENDI, 2002)

#### *2.10.2.1. Aceros inoxidables martensíticos*

Los aceros inoxidables martensíticos son la primera rama de los aceros inoxidables simplemente al cromo. Fueron los primeros que se desarrollaron industrialmente y representan una porción de la serie 400 AISI. Este tipo de acero inoxidable tiene moderada resistencia a la corrosión, además son endurecibles por tratamiento térmico y por lo tanto se pueden desarrollar altos niveles de resistencia mecánica y dureza. Debido al alto contenido de carbono y a la naturaleza de su dureza, es de pobre soldabilidad, pero después de ser tratados para endurecimiento, generalmente son utilizados en procesos de maquinado y formado en frío. (CENDI, 2002)

#### *2.10.2.2. Aceros inoxidables ferríticos*

Estos aceros inoxidables de la serie 400 AISI mantienen su estructura ferrítica estable desde la temperatura ambiente hasta el punto de fusión. Este tipo de acero tiene resistencia a la corrosión de moderada a buena, la cual se incrementa con el contenido de cromo y en algunas aleaciones de molibdeno. Su soldabilidad es pobre, por lo que generalmente se limitan las uniones por soldadura a calibres delgados y usualmente se les aplica un tratamiento de recocido con lo que obtienen mayor suavidad, ductilidad y resistencia a la corrosión, pero debido a su pobre dureza, el uso se limita generalmente a procesos de formado en frío. (CENDI, 2002)

#### *2.10.2.3. Aceros inoxidables austeníticos*

Los aceros inoxidables austeníticos constituyen la familia con el mayor número de aleaciones disponibles, integra las series 200 y 300 AISI. Este tipo de acero tiene alta resistencia a la

corrosión, excelente soldabilidad, buen factor de higiene y limpieza, tienen la habilidad de ser funcionales en temperaturas extremas, bajas temperaturas (criogénicas) previniendo la fragilización, y altas temperaturas (hasta 925°C). (CENDI, 2002)

#### *2.10.2.4. Aceros inoxidables dúplex*

Los aceros inoxidables dúplex son los de más reciente desarrollo; son aleaciones cromo-níquel-molibdeno que forman una mezcla de cantidades aproximadamente iguales de austenita y ferrita. Pero este tipo no pueden ser endurecidos por tratamiento térmico, adicionalmente tiene buena soldabilidad. La estructura dúplex mejora la resistencia a la corrosión de fractura bajo tensión en ambientes con iones de cloruro. (CENDI, 2002)

### **2.10.3. Ventajas Del Acero Inoxidable**

#### *2.10.3.1. Resistencia a la corrosión*

Los aceros inoxidables tienen una alta resistencia a la corrosión, además los aceros altamente aleados pueden resistir la corrosión en la mayoría de los medios ácidos e incluso a elevadas temperaturas. (INDURA, 2010, p. 14)

#### *2.10.3.2. Resistencia a la alta y baja temperatura*

Algunos aceros inoxidables resisten grandes variaciones térmicas, manteniendo alta resistencia a temperaturas muy elevadas, y en cambio otros demuestran dureza excepcional a temperaturas criogénicas. (INDURA, 2010, p. 14)

#### *2.10.3.3. Resistencia mecánica*

La característica de endurecimiento por trabajo en frío de muchos aceros inoxidables se usa en el diseño, para reducir espesores y así también los costos. Otros aceros inoxidables pueden ser tratados térmicamente para hacer componentes de alta resistencia. (INDURA, 2010, p. 14)

## **2.11. Normativas INEN**

### **2.11.1. NTE INEN 1323**

*Vehículos automotores. Carrocerías de buses. Requisitos:* Esta norma establece los requisitos generales para el diseño, fabricación y montaje de carrocerías de buses para todas sus modalidades. (INEN, 2009)

Esta norma incluye a las carrocerías que son parte de los chasis carrozados importados y carrocerías autoportantes. (INEN, 2009)

### **2.11.2. NTE INEN 2310**

Esta norma establece los requisitos mínimos que debe cumplir los equipos para carburación a GLP en la conversión de motores de gasolina a carburación dual GLP/gasolina o solo GLP, utilizados en motores de combustión interna. (INEN, 2015)

### **2.11.3. NTE INEN 2311**

Esta norma establece los requisitos mínimos que debe cumplir al realizar las conversiones de motores de combustión interna con carburación de gasolina. También la norma establece los requerimientos de la instalación del depósito de combustible en el vehículo. (INEN, 2008)

## **2.12. Ensayos**

Los ensayos de materiales se emplean para aplicaciones de prueba y mejora de materiales, para la detección y evaluación de defectos en la industria del metal, para análisis de fallas y para la investigación básica de la resistencia de materiales. (SGS, 2008)

Generalmente las pruebas son realizadas para verificar las propiedades de los materiales, tales como la resistencia a la tracción, compresión, flexión, características de envejecimiento o composición química. (SGS, 2008)

Los laboratorios de ensayos mecánicos realizan evaluaciones estructurales, físicas y mecánicas para materiales y productos. Las pruebas se realizan bajo condiciones controladas para asegurar que los materiales y productos cumplen con las especificaciones y con su propósito de diseño. (SGS, 2008)

Uno de los ensayos más utilizados es los no destructivos, ya que después de realizar este tipo ensayo la pieza conserva su estado original. Este tipo de ensayos tienen como objetivo detectar posibles fallas en toda la superficie en la pieza de estudio. (SCI, 2018)

Uno de los ensayos no destructivos es el de Tintas Penetrantes, con el cual se consigue detectar imperfecciones superficiales en materiales no porosos tanto en materiales metálicos como en materiales no metálicos. Este tipo de ensayo consiste básicamente en la aplicación de un líquido de gran poder humectante sobre la superficie del material a ensayar y gracias al efecto de la capilaridad, éste penetrará en las discontinuidades. Finalmente el sobrante que resta sobre la superficie será retirado mediante un sistema de limpieza adecuado y la posterior aplicación de un revelador el cual será capaz de volver a extraer el líquido que antes quedó atrapado en las discontinuidades, mostrando la localización de las mismas. (SCI, 2018)



**Figura 19-2:** Ensayos de Tintas Penetrantes

Fuente: (SCI, 2018)

## **2.13. Software CAD/CAE**

### **2.13.1. *Diseño asistido por computador (CAD)***

El CAD es una técnica de análisis, una manera de crear un modelo del comportamiento de un producto aun antes de que se haya construido. (Rojas Lazo & Rojas Rojas, 2006)

Una de las herramientas de análisis más estudiado y aplicado son los cálculos con elementos finitos que permiten predecir con gran precisión y simplicidad los esfuerzos y deformaciones que soportará internamente una pieza o conjunto de piezas al ser sometidas a un sistema de cargas. (Rojas Lazo & Rojas Rojas, 2006)

La aplicación del software CAD en la ingeniería abarca la elaboración de cuadros sinópticos, diagramas de diversos tipos, gráficos estadísticos, representación normalizada de piezas para su diseño y fabricación, representación tridimensional de modelos dinámicos en multimedia, análisis con elementos finitos, aplicaciones en realidad virtual, robótica, etc. (Rojas Lazo & Rojas Rojas, 2006)

### **2.13.2. *Ingeniería asistida por computador (CAE)***

CAE simula bajo condiciones aparentemente reales el efecto de variables sobre el elemento diseñado, con el fin de llegar a una forma geométrica optimizada para ciertas condiciones. Es un modelado interactivo tridimensional en tiempo real con análisis mediante pruebas no destructivas.

Diseñadores, ingenieros, industriales, arquitectos, etc. utilizan los programas CAE para verificar la factibilidad de distintas alternativas de diseño. Cuando el CAE se utiliza correctamente, se pueden obtener en poco tiempo soluciones eficientes con un alto grado de confianza. La repercusión más importante es que posibilita el diseño mediante ciclos de prueba ya que las primeras informaciones obtenidas por el CAE es sólo la base para la discusión de factibilidad en la que intervendrán la experiencia y la evolución futura. (Rojas Lazo & Rojas Rojas, 2006)

Las características generales que deben tener el software CAD/CAE se describen en la tabla 3-2:



**Tabla 3-2:** Tipos de modelos computarizados

<b>Modelo</b>	<b>Características</b>
Geométrico con cortes virtuales	Representación volumétrica del objeto en el cual se pueden aplicar rotaciones y secciones.
Animación de ensamble y funcionamiento	Movimiento, tiempo, interferencias y algunas características generales del sistema propiedad espacio-temporal
Simulación de procesos	Movimiento, tiempo y las variables importantes del sistema
Recorrido virtual	Movimiento, tiempo y escena.
Entorno paisajista	Movimiento, tiempo, luminiscencia, paisaje del entorno, sonidos naturales.
Ergonómico	Medidas, formas y movimientos ergonómicos
Aleatoriedad y transformación	Formas, tiempo, movimiento, sonido, transformaciones

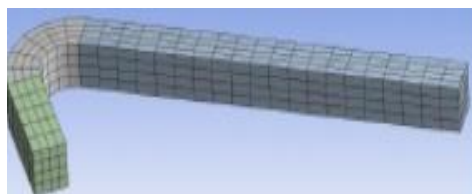
**Fuente.** (Rojas Lazo & Rojas Rojas, 2006)

### 2.13.3. *Técnicas de mallado*

La generación numérica de mallas es esencial para solucionar un problema computacional, ya sea en una geometría complicada o cuando la solución tiene una estructura muy compleja. (Ansys, 2013)

Una malla es generada por un conjunto de puntos, que se forma por intersecciones de líneas de un sistema de coordenadas. La característica fundamental, es que alguna línea coordenada (tres dimensiones) sea coincidente en la región física con cada segmento de la frontera. (Ansys, 2013)

Al definir los puntos de la malla cuadrada fija que provee una estructura, permite todos los cálculos se resuelvan por medio de ecuaciones diferenciales, de tal manera que las coordenadas curvilíneas replacen a las coordenadas cartesianas como variables independientes. (Ansys, 2013)



**Figura 20-2:** Modelo de mallado


**Fuente:** (Ansys, 2013)

### 2.13.3.1. Calidad de Malla (Mesh Quality)

Una malla de buena calidad significa que los criterios de calidad de malla están dentro del rango correcto de Calidad ortogonal, expansión y relación de aspecto, esto quiere decir que la malla es válida para la física estudiada. (Ansys, 2013)

Un mallado de mala calidad puede causar dificultades de convergencia, Mala descripción física, Solución difusa. (Ansys, 2013)

En la figura 21-2 se muestra los rangos de calidad de mallado que nos proporciona el comando Element Quality del software ansys. Para un resultado aceptable de los análisis es recomendable que la de calidad de malla este en los rangos desde muy bueno hasta excelente. (Ansys, 2013)



Unacceptable	Bad	Acceptable	Good	Very good	Excellent
0-0.001	0.001-0.14	0.15-0.20	0.20-0.69	0.70-0.95	0.95-1.00

**Figura 21-2:** Calidad de Mallado

**Fuente:** (Ansys, 2013)

## CAPÍTULO III

### 3. ANÁLISIS Y DISEÑO

En el desarrollo de este capítulo se tomará varias consideraciones que son necesarias para el análisis y diseño de la estructura del habitáculo y del depósito de combustible, como son; normas, softwares (SOLIDWORKS 2017 Y ANSYS), selección del material, ecuaciones y el peso del prototipo, que ayudaran a lograr los objetivos planteados.

#### 3.1. Parámetros de diseño del habitáculo

Durante el proceso de mejora al diseño previo de la estructura del prototipo, se debe reforzar el habitáculo, utilizando los parámetros de mayor importancia, para lo cual, se tomará a consideración la Norma INEN 1323 y el Reglamento de la Real Federación Española del Automovilismo, con la finalidad de brindar seguridad y confiabilidad a los ocupantes del Vehículo Híbrido Tipo Buggy Biplaza 4x4.

##### 3.1.1. *Criterios sobre la distribución del peso*

En el diseño de la estructura del prototipo se debe tener en cuenta los siguientes puntos:

- En el diseño, la distribución del peso del vehículo en condiciones estáticas, se ve afectado debido a las sobrecargas, pesos de ejes, suspensión, frenos, etc., así como, su influencia en la adherencia y seguridad. Cuando el vehículo está en marcha se verá afectado por la resistencia al aire, la resistencia por inercia (bien en aceleración o en frenada) y por pendiente. (Casajosa, 2005)
- Para los diferentes cálculos, se considera la distribución del peso total sobre los ejes, la cual será el 60% de la masa sobre el eje trasero y el 40% sobre el eje delantero, esto se concederá por la ubicación del motor de combustión interna en la parte posterior del prototipo. (Casajosa, 2005)

##### 3.1.2. *Selección de perfiles*

Los perfiles tubulares, tienen excelentes propiedades para soportar cargas estáticas, no solamente con respecto al pandeo, flexión biaxial y torsión, sino también en aspectos relacionados con el diseño global de elementos. La selección de un perfil en particular en una estructura de acero está controlada por muchos factores que incluyen aspectos como: comparación de las ventajas y las desventajas con respecto a las propiedades mecánicas, costos unitarios del material, costes de fabricación, montaje, mantenimiento y ahorro de material bajo cargas. (ITEA, 2010, pp. 3-5)

### 3.1.3. Selección de materiales

De acuerdo al reglamento de la R.F.E.d.A., anexo J, el material a utilizar es el acero al carbono no aliado, conformado en frío, sin soldadura conteniendo un máximo de 0.3% de carbono, con una resistencia mínima a la tracción 350 MPa. Al seleccionar el acero, debe prestar buenas propiedades de elongación y adecuadas características de soldabilidad. (Real Federación Española del Automovilismo, 2017, p. 27)

Al no disponer del material especificado, se seleccionó el acero estructural ASTM A 500 grado B que cumple con las especificaciones del anexo J de la R.F.E.d.A., el material presenta una gran tenacidad, buena penetración al temple y un excelente grado de soldabilidad, ya que posee un alto contenido de carbono.

**Tabla 1-3:** Propiedades de aceros estructurales A 500 grado B

<b>Acero ASTM A 500, Grado B, Conformado del tubo estructural</b>			
<b>Propiedades físicas</b>	<b>Métrico</b>	<b>Inglés</b>	<b>Comentarios</b>
Densidad	7.85 g/cc	0.284 lb/in <sup>3</sup>	Típico acero ASTM
<b>Propiedades mecánicas</b>	<b>Métrico</b>	<b>Inglés</b>	<b>Comentarios</b>
Resistencia a la tracción, definitiva	400 MPa	58000 psi	Típico acero ASTM
Resistencia a la tracción, rendimiento	315 MPa	45700 psi	Típico acero ASTM
Alargamiento en la ruptura	23.0%	23.9%	Típico acero ASTM
Módulo de volumen	140 GPa	20300 ksi	Típico para el acero
Módulo de corte	80.0 GPa	11600 ksi	Típico para el acero
<b>Propiedades de los componentes del Material</b>	<b>Métrico</b>	<b>Inglés</b>	<b>Comentarios</b>
Carbono, C	0.30%	0.30%	Típico acero ASTM
Cobre, Cu	0.18%	0.18%	Típico acero ASTM
Hierro, Fe	99.0%	99.0%	Típico acero ASTM
Fósforo, P	0.050%	0.050%	Típico acero ASTM
Sulfuro, S	0.0630%	0.0630%	Típico acero ASTM

Fuente: (Eagle National Steel, 2017)

### 3.1.4. Dimensiones generales del Buggy Biplaza 4x4

En la siguiente tabla 2-3 se muestra las dimensiones aproximadas de la estructura.

**Tabla 2-3:** Dimensiones del Buggy

Características	Dimensiones (mm)
Longitud	3081,42
Ancho	1618,70
Altura desde el suelo	1175
Distancia entre ejes	Aprox. 2400
Distancia al piso	250 – 300

Fuente: Autores

### 3.1.5. Distribución pesos en el prototipo

En la siguiente tabla 3-3 se observa la distribución de los pesos más significativos del prototipo.

**Tabla 3-3:** Pesos a los que va a estar sometido el prototipo

Distribución del peso total del prototipo	
Peso de la estructura tubular	160 kg
Peso del conjunto motor-caja	180 kg
Peso de los motores eléctricos	30 kg
Peso de las baterías de litio	40 kg
Peso de las ruedas	30 kg
Peso del depósito de combustible	4 kg
Peso de los amortiguadores	16 kg
Peso de la carrocería	15 kg
Peso de las partes mecánicas, sistema eléctrico, equipamiento, accesorios.	40 kg
Peso de la suspensión	25 kg
Peso de los asientos	18 kg
<b>Peso total del prototipo sin ocupantes</b>	<b>558 kg</b>

Fuente: Autores

**Tabla 4-3 (Continúa):** Pesos a los que va a estar sometido el prototipo

<b>Peso aproximado del prototipo en marcha</b>	
Peso de los ocupantes (2 Personas)	140 kg
Peso de combustible (Depósito lleno)	10 kg
Peso total del prototipo sin ocupantes	558 kg
<b>Peso Total</b>	<b>708 kg</b>

Fuente: Autores

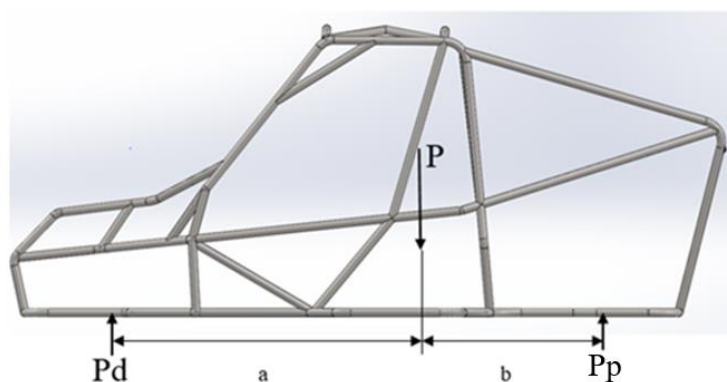
### 3.1.6. Centro de gravedad

#### 3.1.6.1. Ubicación del centro de gravedad

Para los cálculos de diseño del prototipo es necesario conocer la localización del centro de gravedad con respecto a los ejes, para cual se debe conocer la distribución del peso total del vehículo. (Cascajosa, 2005)

- Se considera una distribución del peso total sobre los ejes de 60/40. Esto comprende que el 60% de la masa estará sobre el eje trasero y el 40% sobre el eje delantero. (Alonso Pérez, 2010)
- Se considera la gravedad como  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .

Con las consideraciones antes mencionadas se procede a realizar los cálculos para encontrar el centro de gravedad.



**Figura 1-3:** Distribución de los pesos

Fuente: Autores

Utilizando las siguientes ecuaciones, se procede a determinar el peso delantero ( $P_d$ ) y trasero ( $P_p$ ) del vehículo, considerando el peso total de 708 kg.

$$P_d = 40 \% \times P \quad (1)$$

$$P_d = 283,2 \text{ kg}$$

$$P_p = 60 \% \times P \quad (2)$$

$$P_p = 424,8 \text{ kg}$$

Para el calcular la distancia entre ejes utilizamos la siguiente ecuación:

$$L = a + b \quad (3)$$

$$L = 2,4 \text{ m}$$

Para determinar la distancia hacia el centro de gravedad se utilizó la sumatoria de momentos.

$$\sum M_{P_d} = 0$$

$$-P_p (a + b) + P(a) = 0$$

Despejando de la sumatoria de momentos de obtuvo las ecuaciones para calcular a y b:

$$a = \frac{P_p * L}{P} \quad (4)$$

$$a = \frac{424,8 \text{ kg} * 2,4 \text{ m}}{708 \text{ kg}} = 1,44 \text{ m}$$

$$b = \frac{P_d * L}{P} \quad (5)$$

$$b = \frac{283,2 \text{ kg} * 2,4 \text{ m}}{708 \text{ kg}} = 0,96 \text{ m}$$

**Tabla 5-3:** Resultados calculados

$P$ = Peso del vehículo [Kg]	708 kg
$P_d$ = Peso del eje delantero [Kg]	283.2 kg
$P_p$ = Peso del eje posterior [Kg]	424.8 kg
$a$ = Distancia entre $P_d$ y $P$ [m]	1,44 m
$b$ = Distancia entre $P_p$ y $P$ [m]	0,96 m
$L$ = Distancia entre ejes [m]	2,4 m

Fuente: Autores

### 3.1.6.2. Altura del centro de gravedad

Para calcular la altura en donde se encuentra el centro de gravedad, se toma la distribución del peso total en cada eje y se aplica la ecuación de momentos. Se utiliza como datos los ángulos de inclinación que está entre 15° y 30°. (Cascajosa, 2000)

$$H = \frac{P(Rn(\tan \alpha) + b) - Pp(a + b)}{P * \tan \alpha} \quad (6)$$

Donde:

H = Altura

$\alpha$  = Ángulo de inclinación de la carrocería

Rn = Radio del neumático [0,356m]

$$H = \frac{708 \text{ kg} (0,356 \text{ m}(\tan 30) + 0,96) - 424,8 \text{ kg}(2,4\text{m})}{708 \text{ kg} * \tan 30}$$

$$H = 0,47538 \text{ m}$$

**Tabla 6-3:** Ubicación del centro de gravedad

a = x	1,44 m
b = y	0,96 m
H = z	0,47538 m

Fuente: Autores

### 3.1.7. Determinación de las Cargas de Diseño

Al resolver un problema de diseño estructural, es necesario realizar un estudio matemático, en cual se determina las cargas y esfuerzos que afectan a la estructura, así también es necesario realizar un estudio computacional con el fin de determinar el material a utilizar en su construcción.

#### 3.1.7.1. Carga permanente (Pe)

Abarca el peso total de la estructura y de todas las partes que se ancladas a la misma.

$$Pe = \sum(\text{Peso de elementos}) \text{ (Kg)} \quad (7)$$

$$Pe = 558 \text{ Kg}$$



### 3.1.7.2. Carga de seguridad ( $C_s$ )

Para determinar este tipo de carga se debe conocer el área total del habitáculo del prototipo (2 ocupantes).

$$A_h = L * A \quad (9)$$

Donde:

$A_h$ = Área del habitáculo [  $m^2$  ]

$L$ = Ancho del habitáculo

$A$ = Altura desde el suelo del habitáculo

$$A_h = 1,175 \text{ m} * 1,1 \text{ m}$$

$$A_h = 1,292 \text{ m}^2$$

Por lo normal la carga está en 20 kg por cada  $m^2$ :

$$C_s = 20 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * A_h \quad (10)$$

$$C_s = 20 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 1,292 \text{ m}^2$$

$$C_s = 25,85 \text{ kg}$$

### 3.1.7.3. Carga muerta ( $C_m$ )

Es la suma de todos los pesos de la estructura que corresponde a la carga permanente más la carga de seguridad.

$$C_m = P_e + C_s \text{ (Kg)} \quad (11)$$

$$C_m = 558 \text{ kg} + 25,85 \text{ kg}$$

$$C_m = 583,85 \text{ kg}$$

### 3.1.7.4. Carga viva ( $C_{vi}$ )

Corresponde a la carga de los ocupantes del vehículo (Piloto, acompañante), más una sobrecarga del 10%.

$$C_{Vi} = \text{Peso ocupantes} + (\text{peso ocupantes} * 0,1) \quad (12)$$

$$C_{vi} = 140 \text{ kg} + (140 \text{ kg} * 0,1)$$

$$C_{vi} = 154 \text{ kg}$$

### 3.1.7.5. Carga de viento ( $C_f$ )

Es la fuerza actuante del aire que se opone al movimiento sobre la superficie frontal del vehículo.

$$R_a = C_f = \frac{1}{2} (C_x * \delta * A_f * V^2) \quad (13)$$

Donde:

$R_a$ = Resistencia aerodinámica [kg]

$\delta$ = densidad del aire [1,28 kg/m<sup>3</sup>]

$V$ = Velocidad m/s [km/h] (60 km/h = 16,66 m/s)

$A_f$  = Superficie frontal del vehículo [m<sup>2</sup>] (1,6187 m \* 1,175 m = 1,902 m<sup>2</sup>)

$C_x$  = Coeficiente aerodinámico del vehículo (como mínimo 0,7)

$$R_a = C_f = \frac{1}{2} (0,7 * 1,28 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1,902 \text{m}^2 * (16,66 \text{ m/s})^2)$$

$$R_a = 236,69 \text{ N} = 24,108 \text{ kg}$$

### 3.1.7.6. Carga sísmica ( $C_h$ )

Es la sumatoria de las cargas vivas, de seguridad y del viento.

$$C_h = C_{vi} + C_s + C_f \quad (14)$$

$$C_h = 154 \text{ kg} + 25,85 \text{ kg} + 24,108 \text{ kg}$$

$$C_h = 203,954 \text{ kg}$$

### 3.1.7.7. Carga de diseño ( $W_d$ )

Es la suma de la carga muerta más la carga sísmica.

$$W_d = C_m + C_h \quad (15)$$

$$W_d = 583,85 \text{ kg} + 203,953 \text{ kg}$$

$$W_d = 787,808 \text{ kg}$$

### **3.2. Análisis por elementos finitos de la estructura**

#### **3.2.1. Análisis establecidos por el R.F.E.d.A.**

El Reglamento de homologación de la Real Federación Española del Automovilismo establece que se debe realizar ensayos a la estructura con las siguientes condiciones: (Real Federación Española del Automovilismo, 2017)

- Debe resistir 8 veces el peso total del vehículo verticalmente.
- Debe resistir 3 veces el peso total del vehículo lateralmente.
- Debe resistir 6 veces el peso total del vehículo frontalmente.

Como el vehículo no participará en ninguna competencia, la estructura está diseñada con tubos de menor diámetro a fin de disminuir el peso del prototipo, pero es importante reforzar la estructura del habitáculo para brindar seguridad a los ocupantes para posteriormente proceder a realizar las respectivas simulaciones, tomando en cuenta la mitad de las condiciones especificadas en el Reglamento de la R.F.E.d.A.

- Resistir 4 veces el peso total del vehículo verticalmente.
- Resistir 1.5 veces el peso total del vehículo lateralmente.
- Resistir 3 veces el peso total del vehículo frontalmente.

Para realizar el análisis se tomó la carga de diseño como el peso total del vehículo (787,808 kg), para así obtener resultados semejantes a la realidad.

De acuerdo con el Reglamento de la R.F.E.d.A., al instante de aplicar el 100% de la carga, en la simulación no podrá existir desplazamiento superior a 50 mm, medidos en cualquier dirección de la estructura, como consecuencia de la deformación elástica o plástica. (Real Federación Española del Automovilismo, 2017)

#### **3.2.2. Cargas Aplicadas para los Análisis**

##### **3.2.2.1. Carga superior**

Para realizar el análisis carga superior (eje Y), se aplicó fuerzas en la parte superior de la estructura. La carga que debe soportar verticalmente es:

$$4P = 4 * 787,808 \text{ kg} * 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$4P = 30913,60 \text{ N}$$

Para un mejor análisis de la deformación, la carga se distribuye para 4 nodos de la parte superior de la estructura del habitáculo.

$$F = \frac{30913,60 \text{ N}}{4}$$

$$F = 7728,401 \text{ N}$$

### 3.2.2.2. Carga lateral

Para el análisis lateral (eje z), la carga que debe soportar es:

$$1.5 P = 1.5 * 787,808 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$1.5 P = 11592,601 \text{ N}$$

### 3.2.2.3. Carga frontal

Para el análisis lateral (eje x), la carga que debe soportar es:

$$3 P = 3 * 787,808 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$3 P = 23185,203 \text{ N}$$

### 3.2.2.4. Carga de vuelco

Para el análisis de vuelco se toma los rangos moderados de la velocidad vehicular en las vías públicas. Los vehículos livianos, motocicletas y similares pueden circular en curvas a una velocidad de 60 Km/h, la cual es la que se tomara como referencia para el cálculo de vuelco, en caso de que ocurra un accidente. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012)

Con la velocidad de 60 Km/h (16,66666 m/s), se procede a obtener la desaceleración.

$$D = \frac{(v_i - v_f)}{9,81} \quad (16)$$

Donde:

$D$  = Desaceleración

$v_i$  = Velocidad inicial

$v_f$  = Velocidad final

$t =$  Tiempo (0.2 seg Para un impacto con un objeto semirrígido)

$$D = \frac{\left(\frac{16,666 \text{ m/s} \frac{m}{s} - 0 \frac{m}{s}}{0,2}\right)}{9,81}$$

$$D = 8,494 * g$$

Con la desaceleración obtenida, podemos encontrar la carga total que se aplicara en la simulación de vuelco.

$$F = P * 8,494 * g$$

$$F = 787,808kg * 3.19 * 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$F = 65650,678 N$$

Para el análisis de vuelco se aplica fuerzas en la parte delantera, trasera, lateral y vertical del vehículo.

$$F = \frac{65650,678 N}{4}$$

$$F = 16412,669 N$$

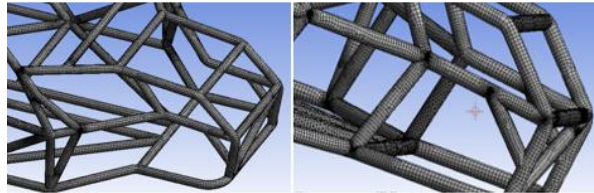
### 3.2.3. *Análisis estructural*

Una vez realizados los cálculos, se procederá a comprobar si es capaz de soportar las cargas en las diversas situaciones en caso de que ocurra un accidente. El análisis se realizará mediante el Software Ansys, este Software nos dará resultados de la deformación total, el esfuerzo máximo, el coeficiente de seguridad y el coeficiente de seguridad a fatiga, que sufrirá la estructura al aplicar las cargas pertinentes, en caso de no obtener los valores adecuados para la seguridad, se procederá a variar la estructura de tal modo que soporte las consideraciones y las reglamentaciones especificadas anteriormente.

#### 3.2.3.1. *Calidad de la malla*

Al iniciar los análisis, Ansys Meshing nos recomienda tener un promedio de la calidad de malla (Element Quality) entre 0,8 a 1, para obtener resultados aproximados a la realidad. El diseño modificado presenta un promedio de la calidad de mallado de 0,85831; el cual se encuentra en el promedio establecido, como se indica en la figura 2-3.

Quality	
Check Mesh Quality	Yes, Errors
Error Limits	Standard Mechanical
<input type="checkbox"/> Target Quality	Default (0.050000)
Smoothing	Medium
Mesh Metric	Element Quality
<input type="checkbox"/> Min	1,0042e-002
<input type="checkbox"/> Max	1,
<input type="checkbox"/> Average	0,85831
<input type="checkbox"/> Standard Deviation	0,14705



**Figura 2-3:** Calidad del mallado

Fuente: Autores

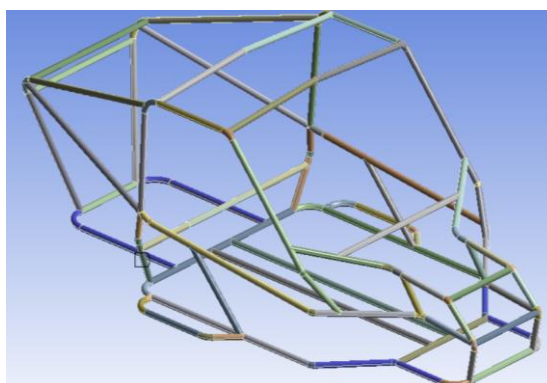
### 3.2.3.2. *Factor de seguridad*

Los ingenieros emplean el factor de seguridad para asegurarse frente a situaciones inciertas o desconocidas. Los factores de seguridad a veces están prescritos en códigos, pero en la mayoría de las veces son fruto de la experiencia. El factor de seguridad es la relación entre el esfuerzo normal permisible y el esfuerzo normal de diseño. (Budynas & Keith Nisbett, 2008)

Si  $n_s > 1$  el diseño es adecuado. Entre mayor sea  $n_s$  más seguro será el diseño. (Budynas & Keith Nisbett, 2008)

### 3.2.4. *Análisis antes de reforzar la estructura del Habitáculo*

Para todos los análisis realizados se tomó como soporte la base en la cual va a ir anclado la suspensión, como se muestra en la figura 3-3.



**Figura 3-3:** Aplicación de Soportes

Fuente: Autores

### 3.2.4.1. Análisis de carga superior

Con los cálculos realizados anteriormente se aplicó la carga total en la parte superior de la estructura de 30913,60 N, la cual se la distribuyó en los 4 nodos de 7728,401017 N como se muestra en la figura 4-3.

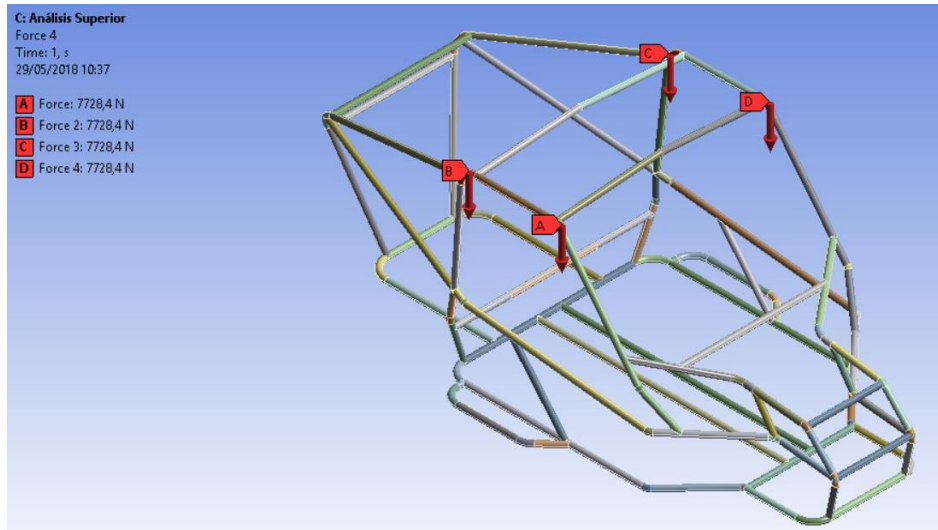


Figura 4-3: Aplicación de cargas

Fuente: Autores

**Dadas las especificaciones se obtuvieron los siguientes resultados:**

- a. Deformación total de 22.195 mm

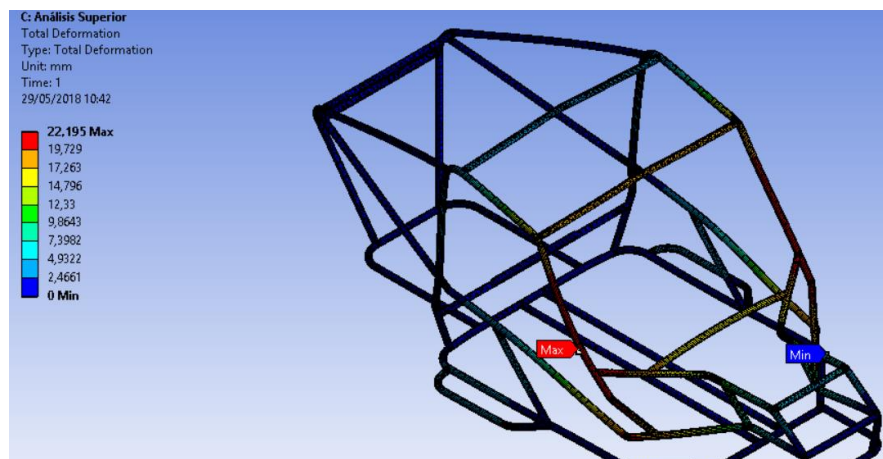
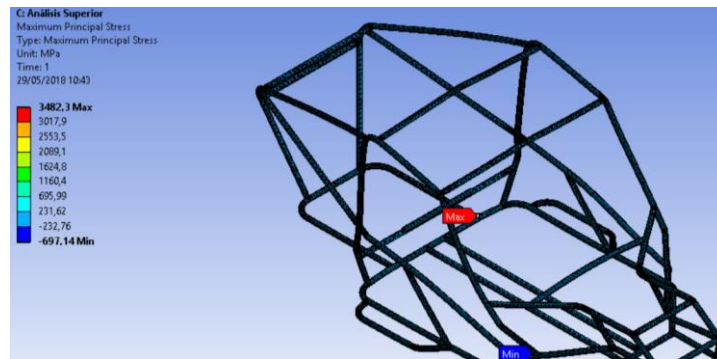


Figura 5-3: Deformación total

Fuente: Autores

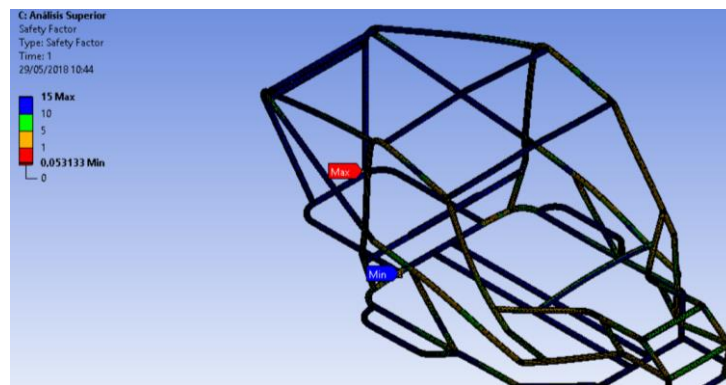
b. Esfuerzo máximo principal 3482.3 MPa



**Figura 6-3:** Esfuerzo máximo

Fuente: Autores

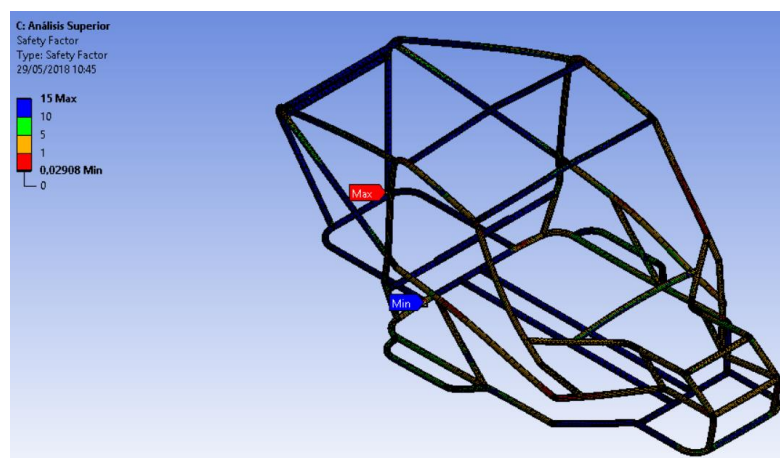
c. Factor de seguridad 0.053133



**Figura 7-3:** Factor de seguridad

Fuente: Autores

d. Factor de seguridad a fatiga 0.029808

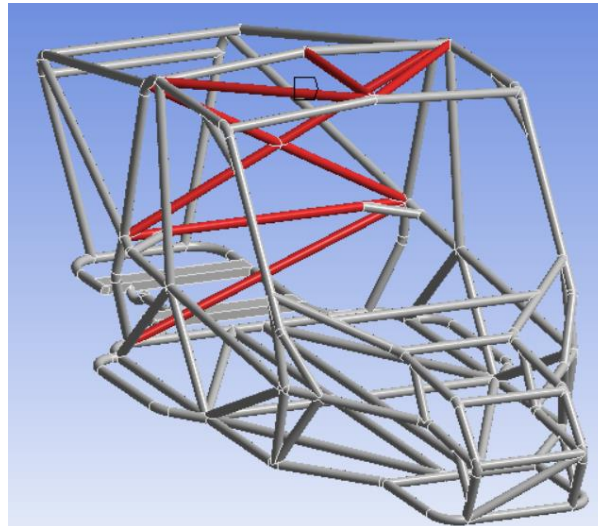


**Figura 8-3:** Factor de seguridad a fatiga

Fuente: Autores



**Observación:** Después de haber analizado los resultados, se pudo observar que la deformación total es elevada, el esfuerzo máximo es superior al que resiste el material y el factor de seguridad es menor a 1, esto indica que la estructura tiende a sufrir fracturas en diversos puntos, por lo tanto, se necesita reforzar el techo, la parte posterior del habitáculo y partes de la estructura en donde el factor de seguridad es mínimo, como nos indica la figura 9-3.

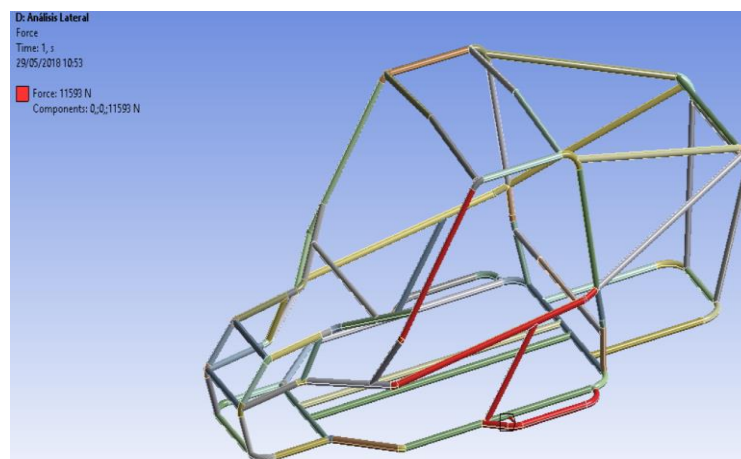


**Figura 9-3:** Refuerzos en la parte superior

Fuente: Autores

#### 3.2.4.2. Análisis de carga lateral

Se aplicó una carga lateral de 11592,601 N; como se muestra en la figura 10-3.

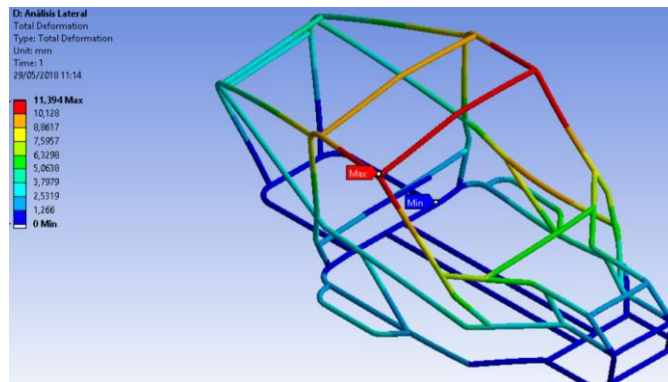


**Figura 10-3:** Aplicación de cargas

Fuente: Autores

## Resultados del análisis al aplicar carga lateral:

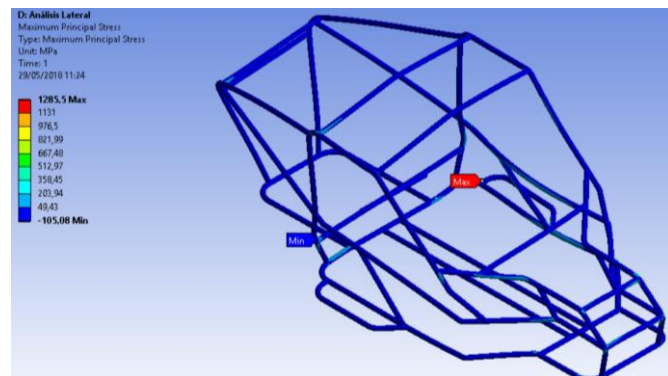
- a. Deformación total de 11.394 mm



**Figura 11-3:** Deformación total

Fuente: Autores

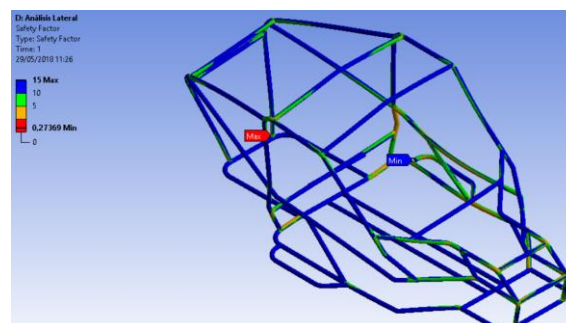
- b. Esfuerzo máximo principal 1285.5 MPa



**Figura 12-3:** Esfuerzo máximo

Fuente: Autores

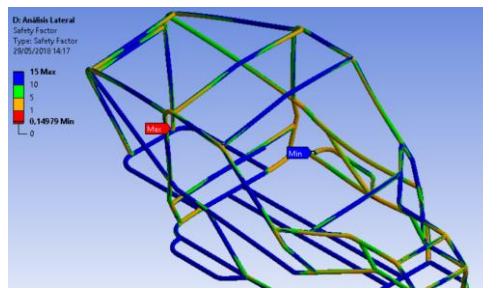
- c. Factor de seguridad 0.27359



**Figura 13-3:** Factor de seguridad

Fuente: Autores

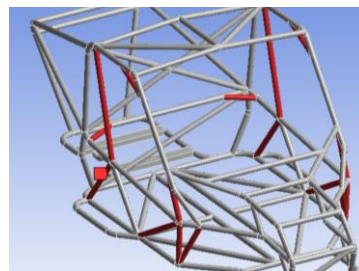
- d. Factor de seguridad a la fatiga 0.14979



**Figura 14-3:** Factor de seguridad a la fatiga

**Fuente:** Autores

**Observación:** Después de haber analizado los resultados, se pudo observar que la deformación total es elevada, el esfuerzo máximo es superior al que resiste el material y el factor de seguridad es menor a 1, esto indica que la estructura tiende a sufrir fracturas en diversos puntos, por lo tanto, se necesita reforzar las partes laterales y en donde el análisis nos indique el factor mínimo de seguridad, como se muestra en la figura 15-3.

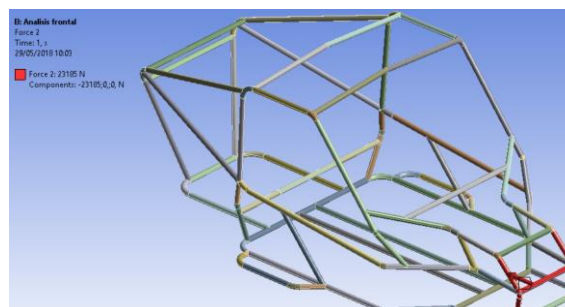


**Figura 15-3:** Refuerzos en la parte lateral

**Fuente:** Autores

#### 3.2.4.3. Análisis de carga frontal

Se aplicó la carga frontal de 23185,203 N, como se muestra en la figura 16-3:

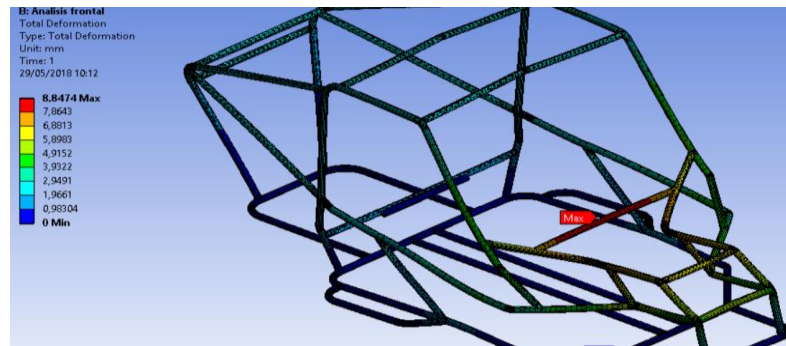


**Figura 16-3:** Aplicación de cargas

**Fuente:** Autores

## Resultados del análisis al aplicar carga frontal:

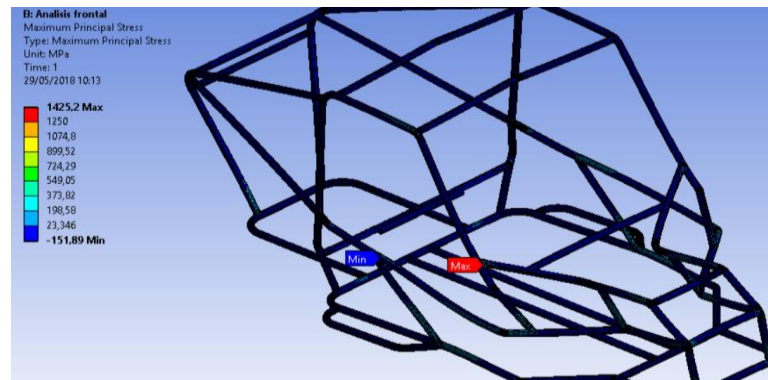
- a. Deformación total de 8.8474mm



**Figura 17-3:** Deformación total

Fuente: Autores

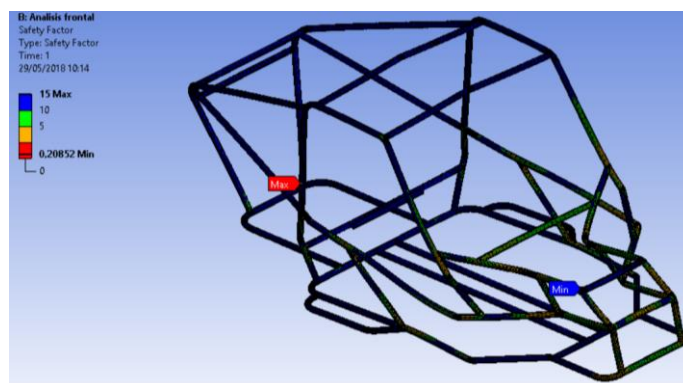
- b. Esfuerzo máximo principal 1425.2 MPa



**Figura 18-3:** Esfuerzo máximo

Fuente: Autores

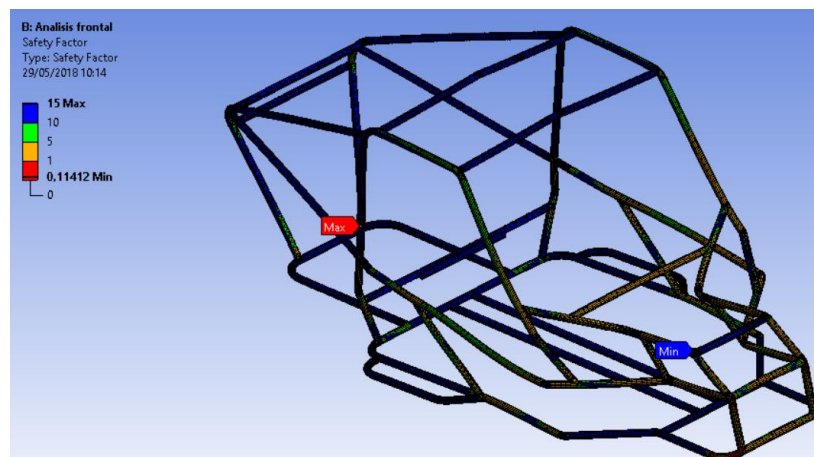
- c. Factor de seguridad 0.20852



**Figura 19-3:** Factor de seguridad

Fuente: Autores

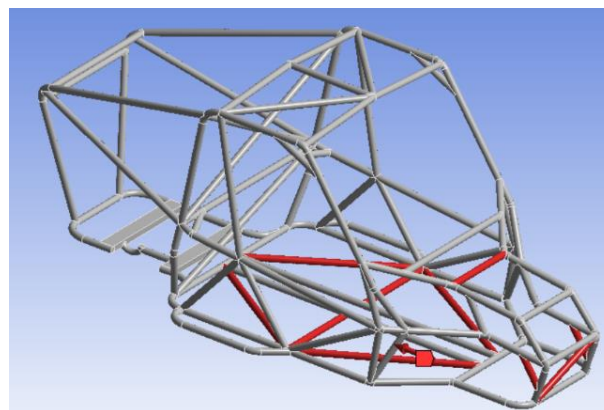
d. Factor de seguridad a la fatiga 0.11412



**Figura 20-3:** Factor de seguridad a la fatiga

Fuente: Autores

**Observación:** Después de haber analizado los resultados, se pudo observar que la deformación total es elevada, el esfuerzo máximo es superior al que resiste el material y el factor de seguridad es menor a 1, esto indica que la estructura tiende a sufrir fracturas en diversos puntos, por lo tanto se necesita reforzar en la parte frontal, en donde va a sufrir el primer impacto en un choque y lugares que nos indique el factor mínimo de seguridad de acuerdo a las simulaciones realizadas, como se muestra en la figura 21-3.



**Figura 21-3:** Refuerzos en la parte frontal

Fuente: Autores

#### 3.2.4.4. Análisis de vuelco

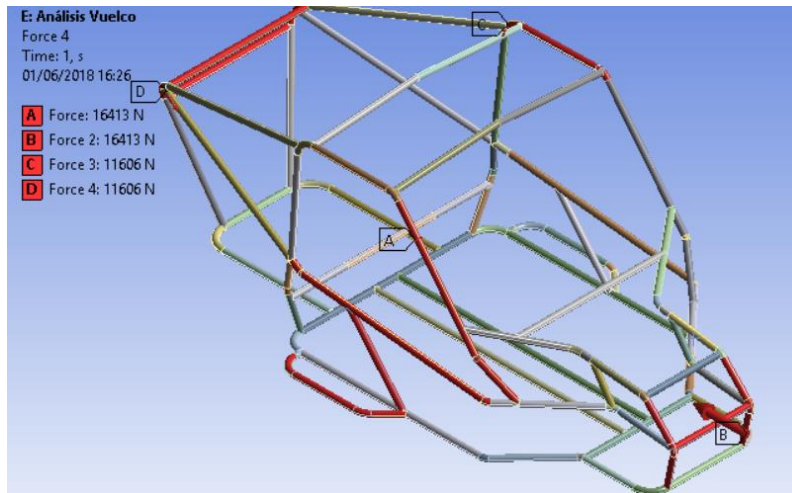
Para análisis de vuelco, la carga total aplicada es de 65650,678 N; la cual se distribuyó en los siguientes puntos, como se muestra en la figura 22-3.



**Tabla 7-3:** Distribución de cargas para el análisis de vuelco

A	B	C	D
Z = -16412,66N	X= -16412,66N	Y= -8206,33 N Z= 8206,33 N	X= 8206,33 N Y= - 8206,33 N

Fuente: Autores

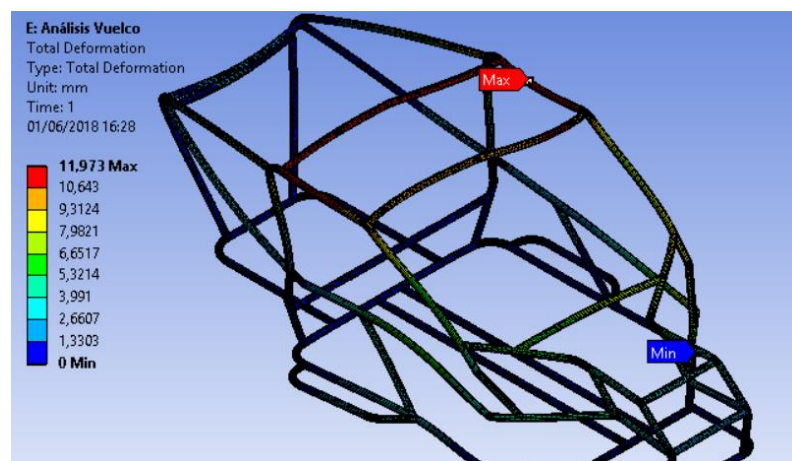


**Figura 22-3:** Aplicación de cargas

Fuente: Autores

**Resultados del análisis de vuelco:**

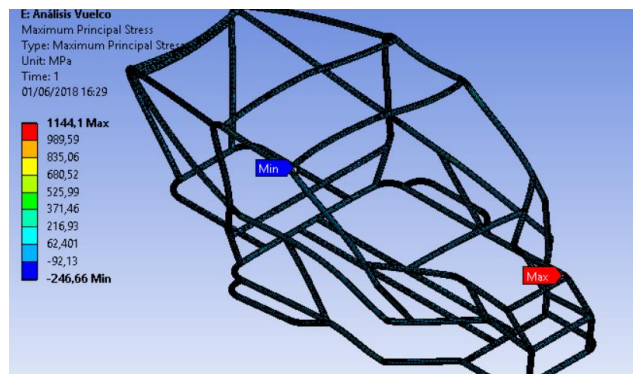
- a. Deformación total de 11.973 mm



**Figura 23-3:** Deformación total

Fuente: Autores

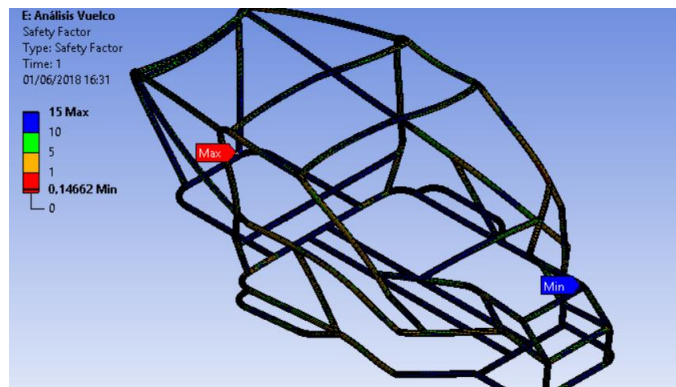
- b. Esfuerzo máximo principal 1144.1 MPa



**Figura 24-3:** Esfuerzo máximo

Fuente: Autores

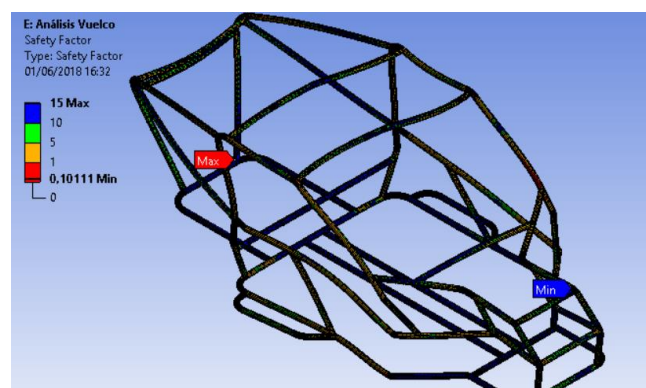
- c. Factor de seguridad 0.14662



**Figura 25-3:** Factor de seguridad

Fuente: Autores

- d. Factor de seguridad a la fatiga 0.10111

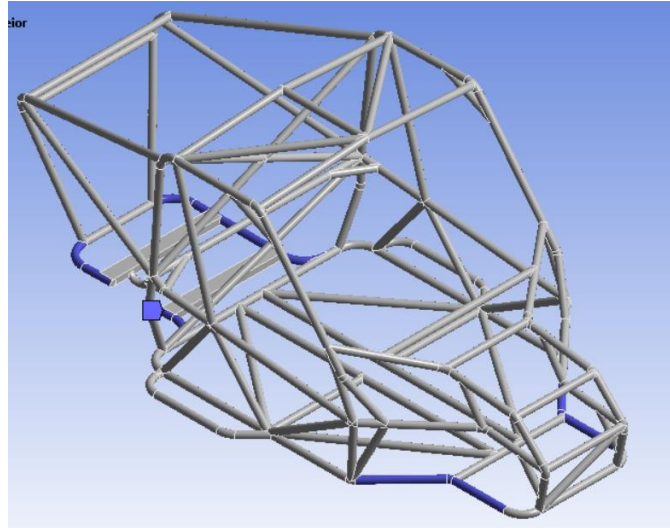


**Figura 26-3:** Factor de seguridad a la fatiga

Fuente: Autores

### 3.2.5. Análisis después de reforzar la estructura del Habitáculo

Una vez definido la calidad de malla, se procedió a identificar los soportes en donde va a ir anclado la suspensión como se muestra en la figura 27-3.

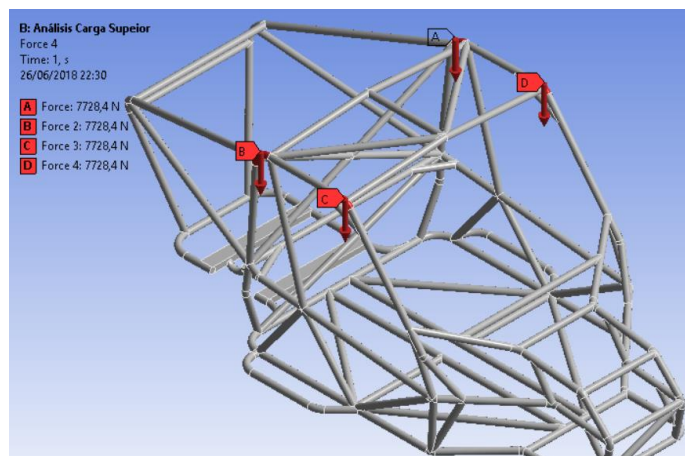


**Figura 27-3:** Aplicación de soportes

Fuente: Autores

#### 3.2.5.1. Análisis de carga superior

Para el análisis la carga total de 30913,60 N, se procedió a aplicar en la parte superior de la estructura, la cual se la distribuyó en los 4 nodos de 7728,401017 N como se muestra en la figura 28-3.



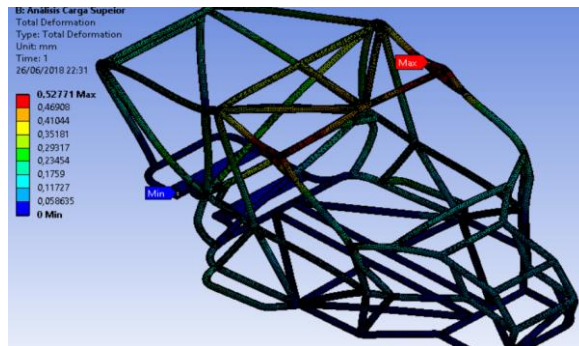
**Figura 28-3:** Aplicación de cargas

Fuente: Autores



## Resultados del análisis al aplicar carga superior:

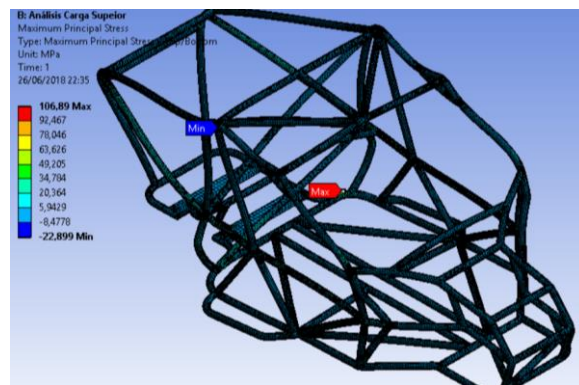
- a. Deformación total de 0,52771 mm



**Figura 29-3:** Deformación total

Fuente: Autores

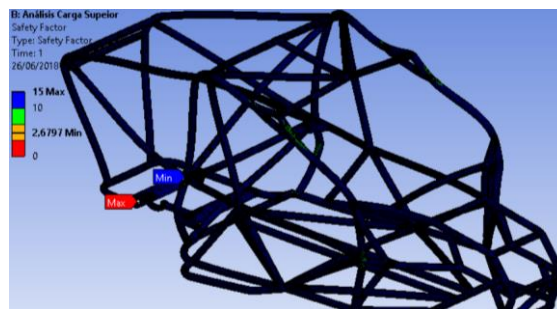
- b. Esfuerzo máximo principal 106,89 MPa



**Figura 30-3:** Esfuerzo máximo

Fuente: Autores

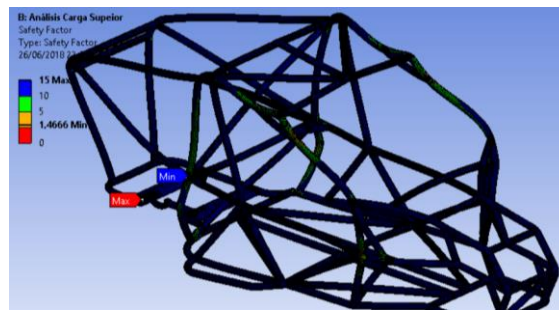
- c. Factor de seguridad 2,6797



**Figura 31-3:** Factor de seguridad

Fuente: Autores

d. Factor de seguridad a la fatiga 1,4666

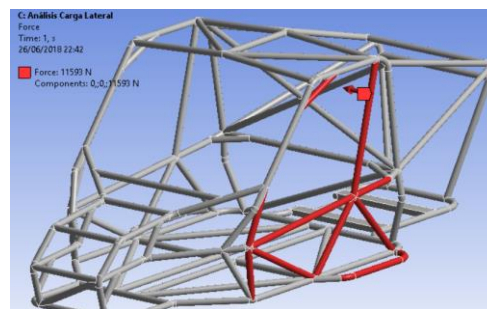


**Figura 32-3:** Factor de seguridad a la fatiga

Fuente: Autores

### 3.2.5.2. Análisis de carga lateral

Se aplicó una carga lateral de 11592,601 N; como se muestra en la figura 33-3.

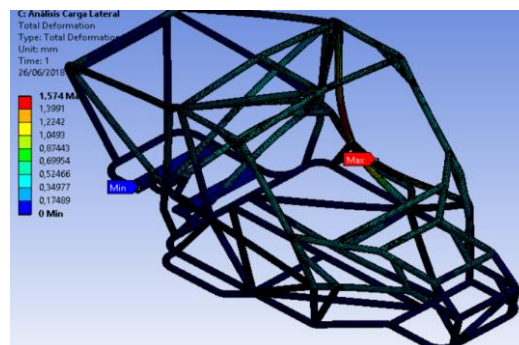


**Figura 33-3:** Aplicación de cargas

Fuente: Autores

### Resultados del análisis al aplicar carga lateral:

a. Deformación total de 1,574 mm



**Figura 34-3:** Deformación total

Fuente: Autores

b. Esfuerzo máximo principal 117,87 MPa

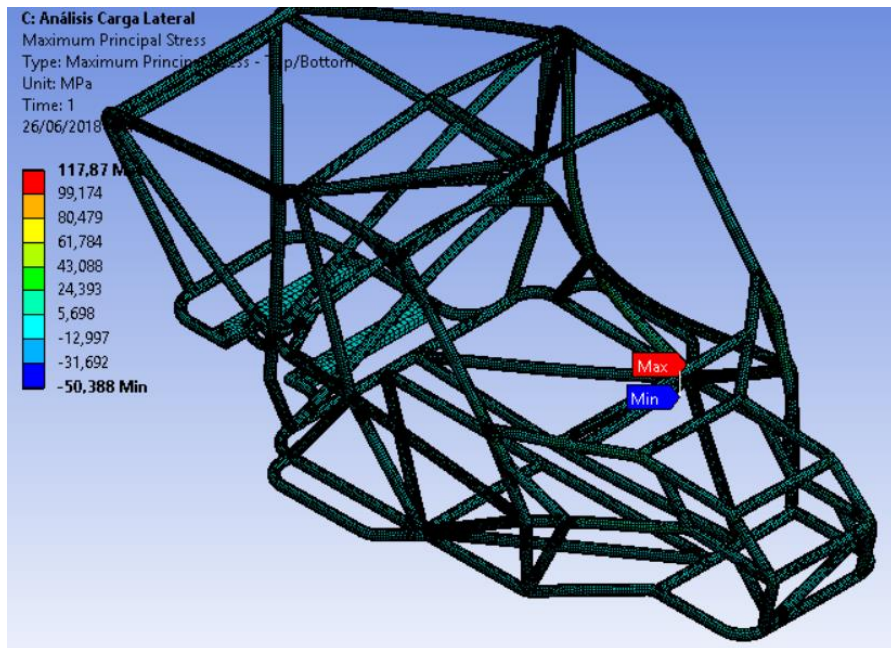


Figura 35-3: Esfuerzo máximo

Fuente: Autores

c. Factor de seguridad 2,5555

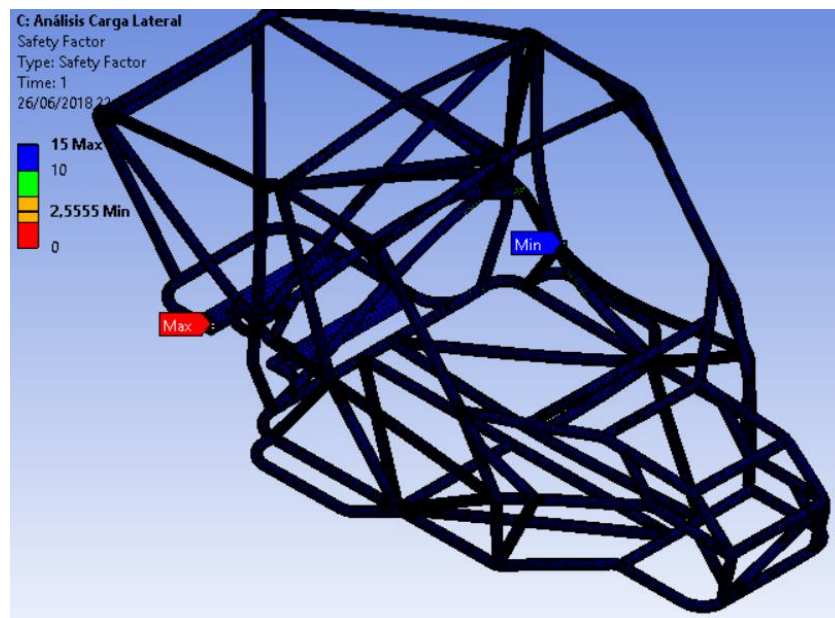
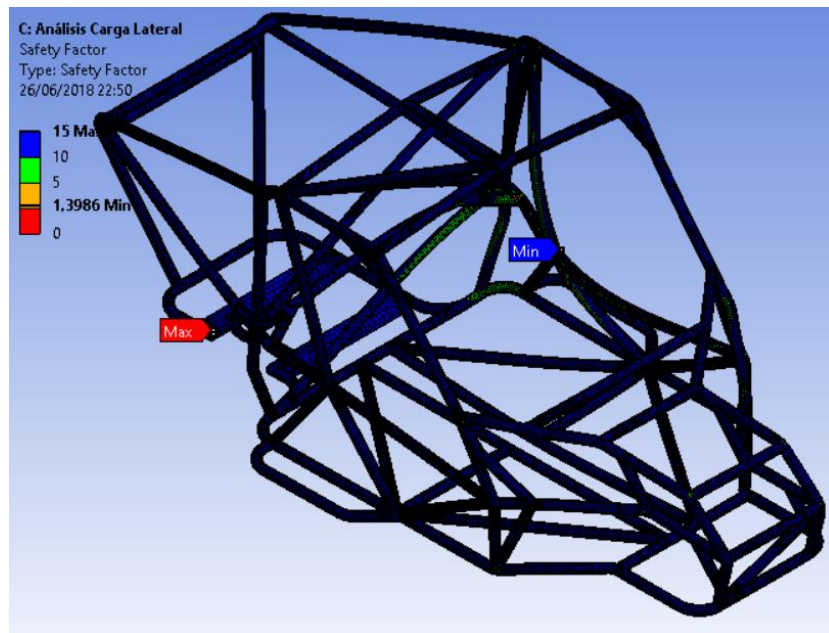


Figura 36-3: Factor de seguridad

Fuente: Autores

d. Factor de seguridad a la fatiga 1,3986

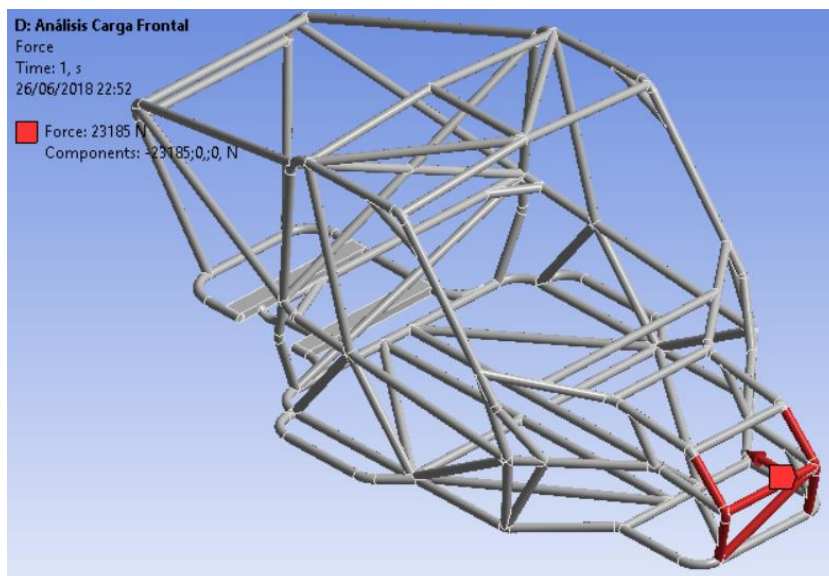


**Figura 37-3:** Factor de seguridad a la fatiga

Fuente: Autores

### 3.2.5.3. Análisis de carga frontal

Se aplicó la carga frontal de 23185,203 N, como se muestra en la figura 38-3:



**Figura 38-3:** Aplicación de cargas

Fuente: Autores



## Resultados del análisis al aplicar carga frontal:

- a. Deformación total de 1,358 mm

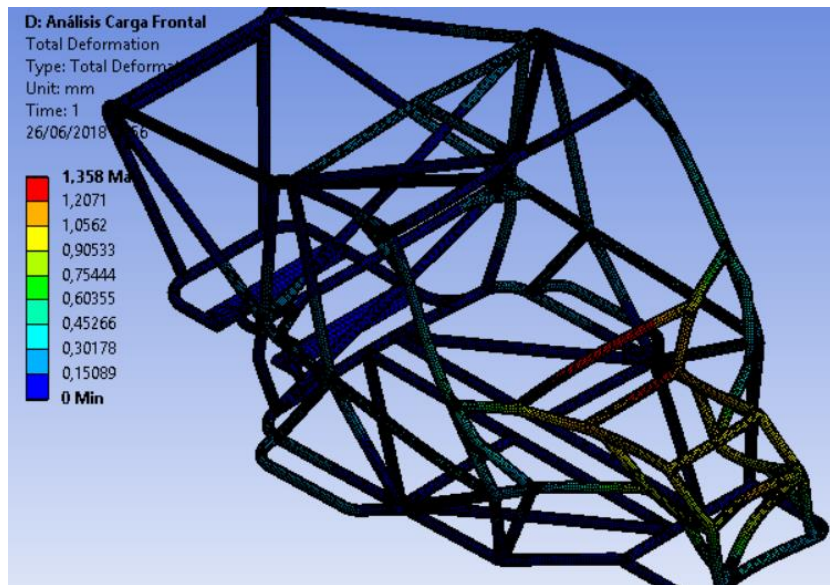


Figura 39-3: Deformación total

Fuente: Autores

- b. Esfuerzo máximo principal 136,42 MPa

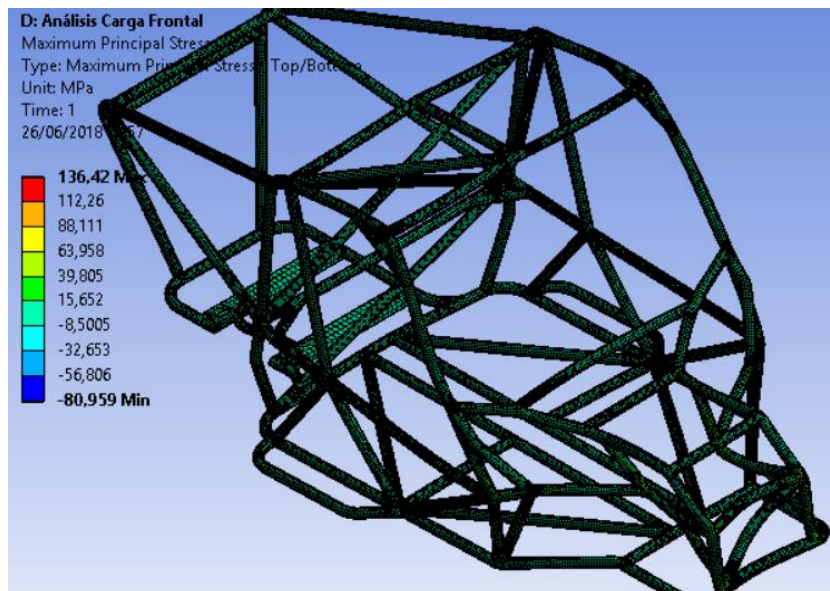
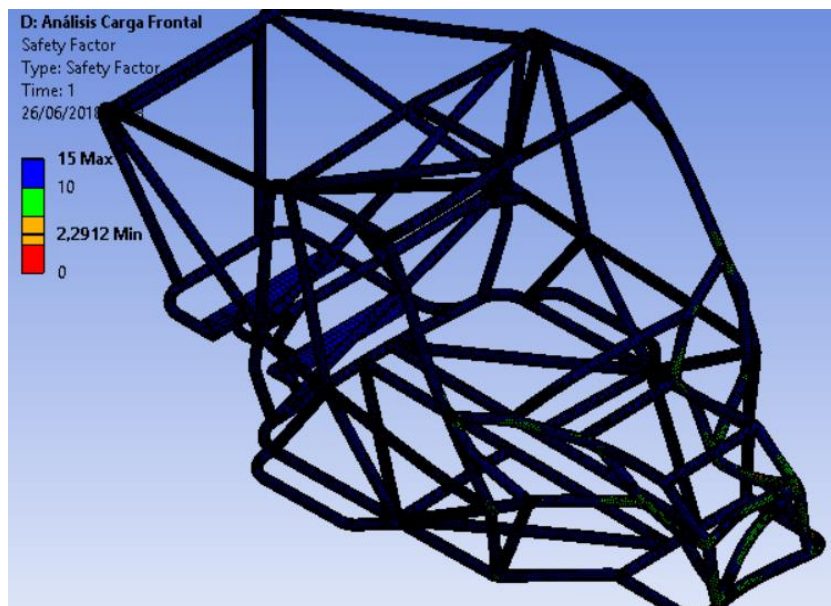


Figura 40-3: Esfuerzo máximo

Fuente: Autores

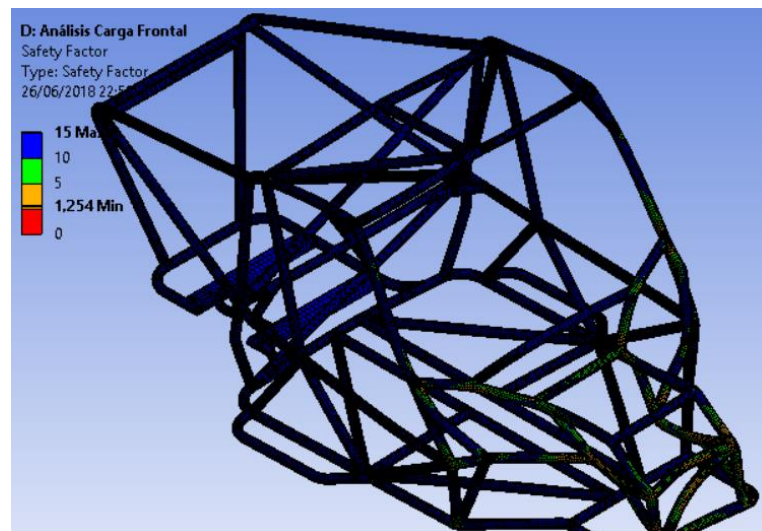
- c. Factor de seguridad 2,2912



**Figura 41-3:** Factor de seguridad

Fuente: Autores

- d. Factor de seguridad a la fatiga 1,254



**Figura 42-3:** Factor de seguridad a la fatiga

Fuente: Autores

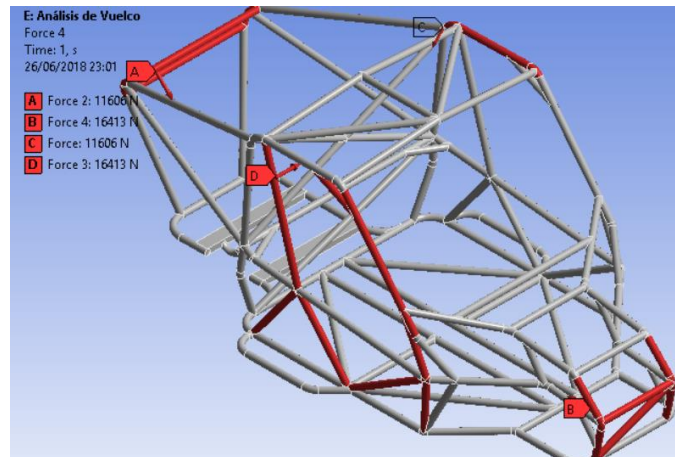
#### 3.2.5.4. Análisis de vuelco

Para análisis de vuelco, la carga total aplicada es de 65650,678 N; la cual se distribuyó en los siguientes puntos, como se muestra en la figura 43-3.

**Tabla 8-3:** Distribución de cargas para el análisis de vuelco

A	B	C	D
X= 8206,33 N Y= - 8206,33 N	X= - 16412,66 N	Y= - 8206,33 N Z= 8206,33 N	Z = - 16412,66 N

Fuente: Autores

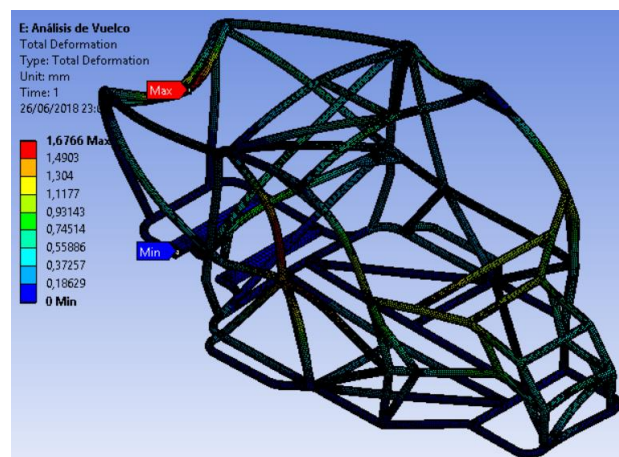


**Figura 43-3:** Aplicación de cargas

Fuente: Autores

**Resultados del análisis de vuelco:**

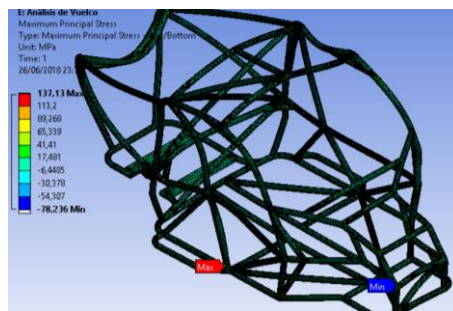
- a. Deformación total de 1,6766 mm



**Figura 44-3:** Deformación total

Fuente: Autores

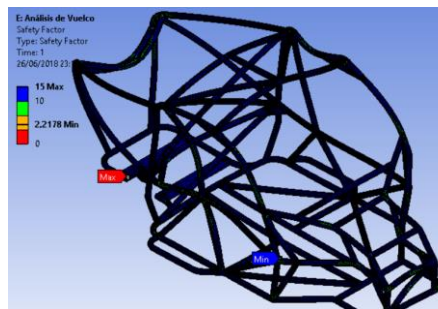
- b. Esfuerzo máximo principal 137,13 MPa



**Figura 45-3:** Esfuerzo máximo

Fuente: Autores

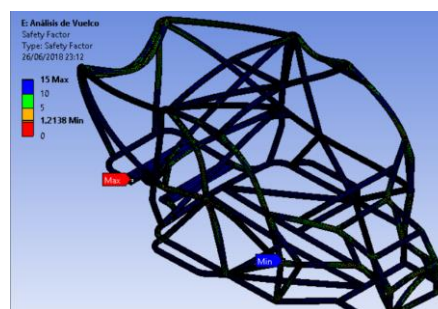
- c. Factor de seguridad 2,2178



**Figura 46-3:** Factor de seguridad

Fuente: Autores

- d. Factor de seguridad a la fatiga 1,2138



**Figura 47-3:** Factor de seguridad a la fatiga

Fuente: Autores

**Observación:** Al aplicar una velocidad en curvas de 60 Km/h, de acuerdo al reglamento del ministerio de transporte y obras públicas, el análisis nos indica que la deformación total es



mínima, el esfuerzo máximo es inferior al que resiste el material y nos muestra un factor de seguridad superior a 1, lo que indica que la estructura va a ser segura en caso sufra un accidente.

### 3.2.6. Comparación de los análisis respectivos

**Tabla 9-3:** Comparación de resultados obtenidos

<b>Resultados del Análisis al Aplicar Carga Superior</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Antes de reforzar</b>	<b>Después de reforzar</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Deformación total	22,195 mm	0,4342 mm	98,06 %
Esfuerzo máximo principal	3482,3 MPa	142,02 MPa	95,92 %
Factor de seguridad	0,053133	2,325	97,71 %
Factor de seguridad a la fatiga	0,029808	1,2725	97,65 %
<b>Resultados del Análisis al Aplicar Carga Lateral</b>			
Deformación total	11,394 mm	2,4418 mm	78,56 %
Esfuerzo máximo principal	1285,5 MPa	115,06 MPa	91,04 %
Factor de seguridad	0,27359	2,4446	88,80 %
Factor de seguridad a la fatiga	0,14979	1,3379	88,80 %
<b>Resultados Del Análisis al Aplicar Carga Frontal</b>			
Deformación total	8,8474 mm	0,79233 mm	91,04 %
Esfuerzo máximo principal	1425,2 MPa	139,2 MPa	90,23 %
Factor de seguridad	0,20852	2,1704	90,39 %
Factor de seguridad a la fatiga	0,11412	1,1878	90,39 %
<b>Resultados del Análisis de Vuelco</b>			
Deformación total	5,7482 mm	1,1747 mm	79,56 %
Esfuerzo máximo principal	473,96 MPa	125,56 MPa	73,50 %
Factor de seguridad	0,43766	2,2239	80,32 %
Factor de seguridad a la fatiga	0,30181	1,2172	75,20 %

Fuente: Autores

**Observación:** Al finalizar los análisis respectivos en ambos casos, se obtuvo mejores resultados en la estructura reforzada al aplicar las diferentes cargas distribuidas. Con la estructura reforzada, se consiguió reducir la deformación total, se logró un esfuerzo máximo inferior al que resiste el material y se obtuvo un coeficiente de seguridad superior a 1, el cual garantiza la seguridad de los ocupantes del prototipo.

Después de analizar los resultados, se considera la estructura del prototipo como segura, ya que, en las simulaciones realizadas, la deformación total no sobrepasa los 50 mm, que es el límite establecido por la R.F.E.d.A.

### **3.3. Parámetros de diseño del depósito de combustible**

Para el diseño del depósito de combustible se tomará a consideración las especificaciones de la Norma INEN 2310, Norma INEN 2311 y la Fórmula SAE, que indica los requisitos mínimos que debe cumplir los depósitos de combustible, para vehículos de Motores de Combustión Interna que utilicen gas licuado de petróleo (gasolina).

En el diseño del depósito combustible se tomará las siguientes consideraciones:

- Geometría del depósito de combustible
- Selección de materiales
- Proceso de chapa metálica
- Rompeolas
- Cuello de llenado del depósito de combustible
- Accesorios del depósito de combustible
- Ubicación del depósito

#### **3.3.1. Geometría del depósito de combustible**

Los requerimientos técnicos que debe cumplir la geometría del depósito de combustible son, un volumen necesario para abastecer al motor, material resistente a la corrosión, una forma adecuada de la toma de llegada, buena impenetrabilidad, un diseño adecuado del rompeolas, adquisición del material y accesorios, dimensionamiento del depósito de combustible acorde al prototipo, facilidad de construcción. (Riba Romeva, 2002)

Además, el tanque de almacenamiento de combustible debe cumplir con las siguientes especificaciones:

**Resistencia a la corrosión:** El tanque debe ser resistente a los efectos corrosivos causados por el GLP.

**Resistencia al choque térmico:** No deben sufrir variaciones dimensionales que impidan su funcionamiento, cuando se sometan a una variación brusca de temperatura entre - 10°C y 100°C.

**Hermeticidad:** Debe garantizar la completa hermeticidad en los puntos de unión. No se deben presentar escapes de combustible.

**Soldadura:** La soldadura para la fabricación del tanque debe tener una penetración completa y estar libre de escorias, salpicaduras de soldadura, protuberancias o curvaturas. (INEN, 2015)

### 3.3.2. Selección de materiales

Por lo general para el diseño de depósitos de combustible se utiliza el acero inoxidable.

En el transcurso de la investigación se seleccionó el acero inoxidable AISI 304, que contiene 18 % de Cromo, 8 % de Níquel, y un bajo contenido de carbono, la misma que ofrece excelentes características de embutido y formado, sin necesidad de un tratamiento térmico intermedio, y alta resistencia a la corrosión superior a las de los tipos 301 y 201. (Italuminio, 2018)

Con un nivel más bajo de carbono, la aleación 304 brinda una menor cantidad de precipitación del carburo de cromo y la tendencia de corrosión intergranular en un rango de temperatura de 800 a 1650 °F (426 a 900 °C). En vista que este gradiente de temperatura ocurre en el área adyacente a la zona afectada térmicamente por la soldadura, el 304 es recomendado para la construcción de soldaduras bajo algunas condiciones corrosivas cuando no es posible un recocido después de la soldadura. (Italuminio, 2018)

**Tabla 10-3:** Composición Química del Acero Inoxidable AISI 304

<b>Características Técnicas Del Acero Inoxidable</b>		
	<b>Tipo AISI</b>	<b>Acero Al Cromo –Níquel 304</b>
<b>Designación</b>	Composición Química	C ≤ 0,08%
		Si ≤ 1,00%
		Mn ≤ 2,00%
		Cr 18% - 20%
		Ni 8% – 10,5%

**Fuente:** (Carbone Stainless Steel, 2018)

**Tabla 11-3:** Propiedades Físicas del Acero Inoxidable AISI 304

<b>Propiedades Físicas</b>	Peso Específico A 20c (Densidad) (g/cm <sup>3</sup> )		7,9
	Módulo De Elasticidad (N/mm <sup>2</sup> )		193000
	Estructura		Austenítico
	Calor Específico A 20c (J/Kg °K)		500
	Conductividad Térmica	20c (W/m °K)	15
		100c (W/m °K)	16
	Coeficiente De Dilatación A 100c (x 10 <sup>6</sup> C <sup>-1</sup> )		16,0 – 17,30
	Intervalo De Fusión (°C)		1398 – 1454

Fuente: (Carbone Stainless Steel, 2018)

**Tabla 12-3:** Propiedades Mecánicas del Acero Inoxidable AISI 304

<b>Propiedades Mecánicas A 20c</b>	Dureza Brinell	Recocido HB	130150
		Con Deformación En Frío HB	180330
	Dureza Rockwell	Recocido HRB	7088
		Con Deformación En Frío HRC	1035
	Resistencia A La Tracción (N/mm <sup>2</sup> )		520
	Elasticidad	Recocido (N/mm <sup>2</sup> )	210
		Con Deformación En Frío (N/mm <sup>2</sup> )	230
	Resistencia a la Fluencia (N/mm <sup>2</sup> )		310
	Resistencia Máxima (N/mm <sup>2</sup> )		620
Radio de Poisson		0,28	

Fuente: (Carbone Stainless Steel, 2018)

### 3.3.3. *Proceso de chapa metálica*

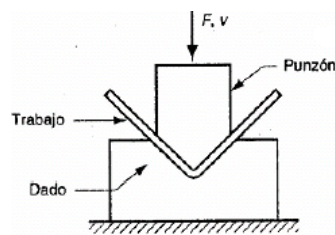
Generalmente son métodos de acabado, ya que posee una alta relación entre el área superficial y el volumen del material, por esta razón se diferencia la deformación volumétrica de los procesos con chapa metálica. (Ortiz Prado, et al., 2013)

La deformación que se realiza es por corte, flexión y doblado es común encontrarla en este proceso. Este proceso también se conoce como estampado de chapa metálica, punzonado, embutido, etc. (Ortiz Prado, et al., 2013)

El proceso de trabajo con láminas metálicas se realiza en frío y en el caso de operaciones de troquelado se utiliza herramientas como un punzón y matriz. El punzón es la porción positiva y el dado es la porción negativa. A continuación se detalla las operaciones que se puede realizar en láminas de metal: (Ortiz Prado, et al., 2013)

### 3.3.3.1. Doblado

El doblado es una operación que involucra deformación. (Ortiz Prado, et al., 2013)

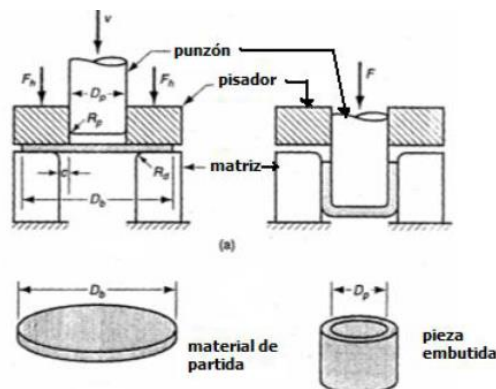


**Figura 48-3:** Doblado de la Lámina

Fuente: (Ortiz Prado, et al., 2013)

### 3.3.3.2. Embutido (estirado).

Es una operación de formado de láminas metálicas que se emplea para producir piezas huecas a partir de chapa metálica. El proceso se efectúa colocando una lámina de metal sobre la cavidad de un dado o matriz y empujando el metal hacia la cavidad con un punzón. Para evitar los defectos de formación como pliegues o arrugas, la chapa deberá sujetarse mediante un pisador. (Ortiz Prado, et al., 2013)



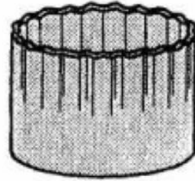
**Figura 49-3:** Embutido de la Lámina

Fuente: (Ortiz Prado, et al., 2013)

### 3.3.3.2.1. Defectos en el embutido

Debido a su complejidad el proceso de embutido puede fallar y ocasionar defectos en la en la lámina embutida. A continuación se presenta una lista de defectos que suceden al momento de embutir el material. (Ortiz Prado, et al., 2013)

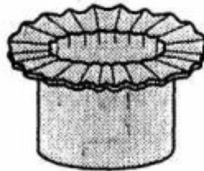
**a) Formación de arrugas en la pared:** Esto ocurre cuando presenta arrugamiento de forma vertical al terminar el proceso de embutición. (Ortiz Prado, et al., 2013)



**Figura 50-3:** Formación de arrugas en la pared

Fuente: (Ortiz Prado, et al., 2013)

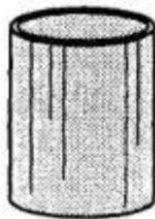
**b) Formación de pliegues en la brida o pestaña:** Debido al arrugamiento por compresión se forma una serie de pliegues en la brida no embutida, como se muestra en la figura 51-3. (Ortiz Prado, et al., 2013)



**Figura 51-3:** Formación de pliegues en la brida o pestaña

Fuente: (Ortiz Prado, et al., 2013)

**c) Rayado superficial:** Se produce por la falta de lubricación o de concentricidad del punzón con el dado, se presenta marcas longitudinales en la dirección de avance del punzón por efecto de un mal acabado de las herramientas. (Ortiz Prado, et al., 2013)



**Figura 52-3:** Rayado superficial

Fuente: (Ortiz Prado, et al., 2013)

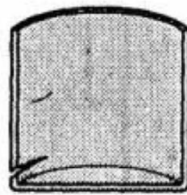
**d) Formación de orejas:** Causada por anisotropía en la lámina de metal, se forma irregularidades en el borde superior de la pieza embutida. Si el material es perfectamente isotrópico no se forman las orejas. (Ortiz Prado, et al., 2013)



**Figura 53-3:** Formación de orejas

Fuente: (Ortiz Prado, et al., 2013)

**e) Fracturas de desgarre.** Este tipo de defecto se produce cuando el metal se estira sobre una esquina afilada del punzón. Esto se debe a altos esfuerzos a la tracción que causan adelgazamiento en la pared vertical, cerca de la base de la copa embutida lo que provoca una grieta y la rotura del material en esta región. (Ortiz Prado, et al., 2013)



**Figura 54-3:** Fracturas de desgarre

Fuente: (Ortiz Prado, et al., 2013)

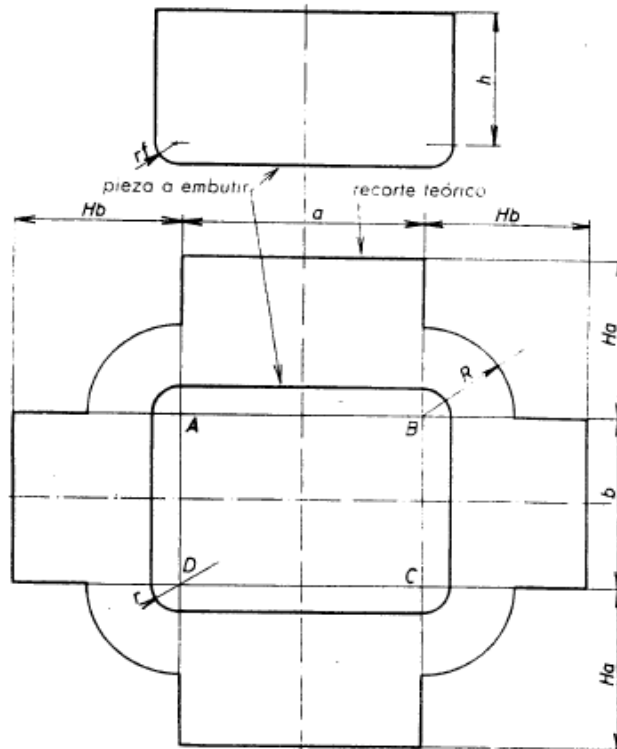
#### 3.3.3.2.2. Dimensionamiento de la pieza a embutir.

Para embutir una pieza y obtener la forma, es necesario calcular las medidas de recorte, esto significa determinar las dimensiones de la chapa que tenga el mismo volumen que la embutición considerada. (Maluquer Wahl, et al., 1977)

Este cálculo parte de la hipótesis que durante el proceso de embutición el espesor superficie de la alamina se mantiene. (Maluquer Wahl, et al., 1977)

La pieza a obtener está compuesta de superficies plana y cilíndricas que se calculan separadamente, el recorte se determina de la siguiente manera. (Maluquer Wahl, et al., 1977)

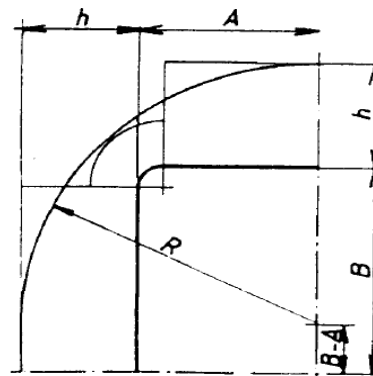
Se debe trazar un rectángulo A, B, C, D, ya que los ángulos están en las esquinas de la pieza de los centros de los radios ( $r$ ), como se observa en la figura 55-3. (Maluquer Wahl, et al., 1977)



**Figura 55-3: Recorte Teórico**

Fuente: (Maluquer Wahl, et al., 1977)

En cada esquina A, B, C, D como centro, se debe trazar un cuarto de circunferencia cuyo radio R se determina a continuación:



**Figura 56-3: Perfil del Recorte Teórico**

Fuente: (Maluquer Wahl, et al., 1977)

$$R = \left( \sqrt{r^2 + 2r[h + (0,5 * r_f)]} \right) \left( 0,07 * \frac{\sqrt{r^2 + 2r[h + (0,5 * r_f)]}}{2r} + 1 \right) \quad (17)$$



Donde:

$r$  = Radio del redondeo de las paredes (mm)

$r_f$  = Radio del fondo de embutido (mm)

$h$  = Altura de la embutición (mm)

$$P = \left( \sqrt{r^2 + 2r[h + (0,5 * r_f)]} \right)$$

$$P = \left( \sqrt{(25^2 + 2(25)[75 + 0,5(32,89)]} \right) \text{mm}$$

$$P = 72,092 \text{ mm}$$

$$x = 0,07 * \frac{P}{2r} + 1$$

$$x = \left( 0,07 * \frac{72,092}{2 * 25} + 1 \right) \text{mm}$$

$$x = 1,10 \text{ mm}$$

$$R = x * P$$

$$R = (72,092 * 1,10) \text{mm}$$

$$R = 73,192$$

Una vez calculado el radio de las esquinas, se procede a calcular las partes rectas trazadas, como se muestra en la figura 55-3.

$$Ha = 0,57(r_f) + h + r - 0,8(x^2 - 1) \frac{P^2}{a} \quad (18)$$

Donde:

$a - b$  = Distancia entre los centros de los radios.

$$a = 0,320 \text{ m}$$

$$b = 0,170 \text{ m}$$

$$Ha = 0,57(32,89) + 75 + 25 - 0,8(1,1^2 - 1) \frac{(72.092)^2}{320} \text{mm}$$

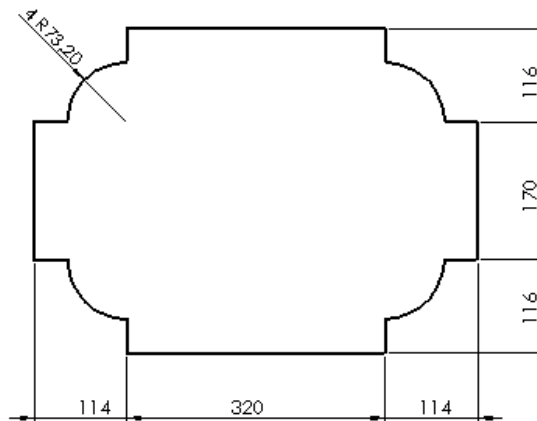
$$Ha = 116.19 \text{ mm} \approx 116 \text{ mm}$$

$$Hb = 0,57(r_f) + h + r - 0,8(x^2 - 1) \frac{p^2}{b}$$

$$Hb = 0,57(32,89) + 75 + 25 - 0,8(1,1^2 - 1) \frac{(72.092)^2}{170} mm$$

$$Hb = 113,611mm \approx 114 mm$$

Después de haber calculado los datos de embutición del perfil de recorte, el esquema del recorte teórico queda definido como se muestra en la figura 57-3.



**Figura 57-3:** Esquema del Recorte Teórico

Fuente: Autores

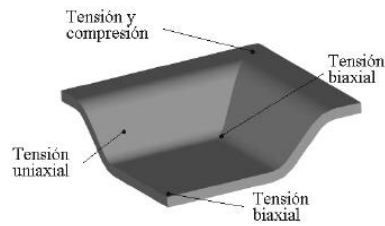
$$A = \text{Ancho} = Ha + b + Ha = 116 + 170 + 116 = 402 mm$$

$$B = \text{Largo} = Hb + a + Hb = 114 + 320 + 114 = 548 mm$$

### 3.3.3.2.3. Embutido de partes rectangulares

El análisis del proceso de embutido se ha orientado al estudio de partes de forma circular, por lo cual su simetría facilita el desarrollo de formulaciones matemáticas, métodos experimentales y numéricos proporcionando la fabricación de partes libres de defectos y en la reducción del desperdicio de material. (García Zugasti, et al., 2008)

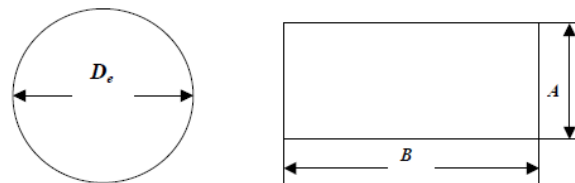
Para el embutido de partes rectangulares, incluye un embutido del material en las esquinas y en las paredes laterales, algunas partes de la chapa metálica requiere de un trabajo en frío y otras solo un doblado, como se observa en la figura 58-3. Los esfuerzos aplicados en las esquinas de la pieza a embutir son de compresión, los que ocasionan una alta tensión en el metal, debido al movimiento del metal hacia el radio del dado, al pasar por este proceso. En las esquinas de las paredes y los flancos el metal se encuentra a tensión. (García Zugasti, et al., 2008)



**Figura 58-3:** Esfuerzos presentes en la embutición rectangular

Fuente: (García Zugasti, et al., 2008)

Para el diseño y fabricación de partes embutidas rectangulares a nivel de taller de manufactura se propone una herramienta basada en el concepto de diámetro equivalente, la cual incorpora la teoría del embutido cilíndrico. En el cálculo del diámetro equivalente, las limitaciones para el proceso de embutido de las formas no circulares logran superarse empleando la teoría clásica desarrollada para las formas circulares la cual utiliza el concepto de diámetro equivalente, en el cual expresa que el diámetro del blanco circular cuya área es igual al área del blanco o silueta rectangular, como se observa en la figura 59-3. (García Zugasti, et al., 2008, p. 671)



**Figura 59-3:** Silueta a embutir circular o rectangular

Fuente: (García Zugasti, et al., 2008)

$$A_c = \frac{\pi \cdot D_e^2}{4} \tag{19}$$

Donde:

$A_c$ = Área del blanco circular

$D_e$ = Diámetro equivalente

$$A_r = A * B \tag{20}$$

Donde:

$A_r$ = Área del blanco rectangular

$A$ = Ancho

$B$ = Largo

Para obtener el diámetro equivalente igualamos las áreas

$$A_c = A_r$$

$$\frac{\pi * D_e^2}{4} = A * B$$

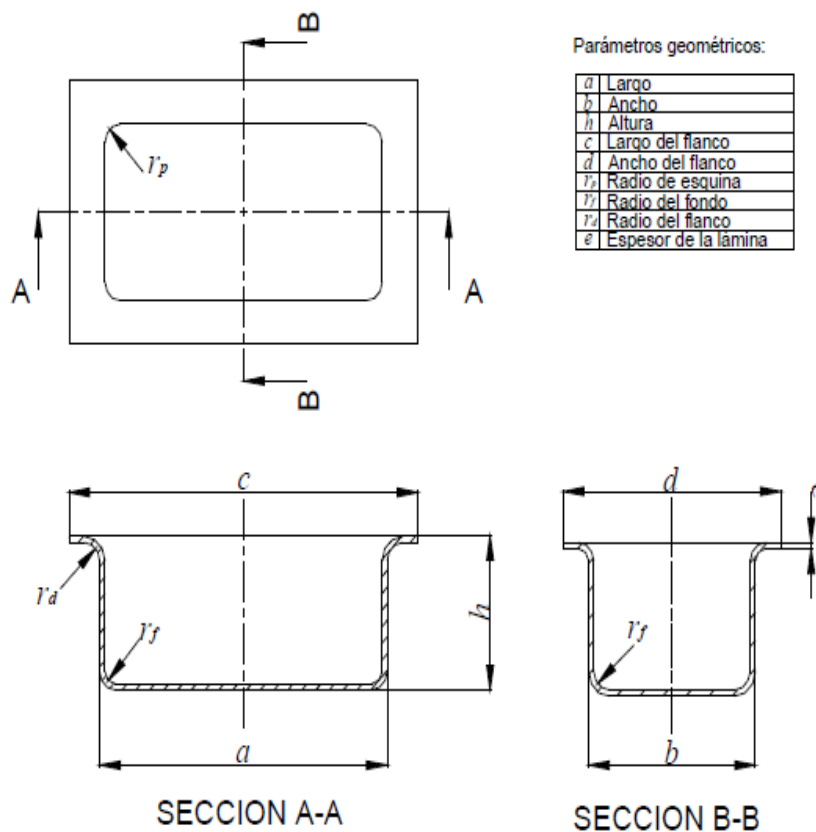
$$D_e = \sqrt{\frac{4A * B}{\pi}} \text{ (mm)}$$

$$D_e = \sqrt{\frac{4(402)(548)}{\pi}} \text{ (mm)}$$

$$D_e = 529,613 \text{ mm}$$

### 3.3.3.2.4. Parámetros geométricos de la parte rectangular

Para embutir el modelo se realiza una sección A-A de 400 mm y una sección B-B de 250 mm, como se observa en la figura 60-3.



**Figura 60-3:** Parámetros Geométricos de una Parte Rectangular

Fuente: (García Zugasti, et al., 2008)

Aplicando el concepto de capacidad de embutición para piezas cilíndricas tenemos:

$$de = 0,5 * De \quad (21)$$

Donde:

$de$  = Capacidad de embutido

$$de = 0,5 * 529.613$$

$$de = 264,806 \text{ mm}$$

La altura permisible de la copa cilíndrica en función del diámetro equivalente es igual:

$$(h_{perm})_C = \frac{3}{8} De \quad (22)$$

Donde:

$(h_{perm})_C$  = Altura permisible de la copa cilíndrica

$$(h_{perm})_C = \frac{3}{8} * 529.613$$

$$(h_{perm})_C = 198,604 \text{ mm}$$

La altura permisible para el recipiente rectangular se optime mediante la ecuación:

$$(h_{perm})_R = \frac{(\pi * de * (h_{perm})_C) + \frac{\pi * de^2}{4} - (a * b)}{2(a+b)} \quad (23)$$

Donde:

$(h_{perm})_R$  = Altura permisible para el recipiente rectangular

$a$  = Sección A-A

$b$  = Sección B-B

$$(h_{perm})_R = \frac{(\pi * 264,806 * 198,60) + \frac{\pi * 264,806^2}{4} - (400 * 250)}{2(400 + 250)}$$

$$(h_{perm})_R = 92,53 \text{ mm}$$

### 3.3.3.2.5. Relación de embutido

Para conocer la dureza de la operación de embutido, se debe calcular la Relación de Embutido, la cual se define como la relación entre el diámetro del disco inicial  $D_b$  y el diámetro del punzón  $D_p$ . (Ortiz Prado, et al., 2013)

$$R = \frac{D_b}{D_p} \quad (24)$$

Donde:

$R$  = Relación de embutido

$D_b = D_e$  = Diámetro equivalente

$D_p$  = Diámetro de punzón

$$R = \frac{529,613}{300}$$

$$R = 1,765$$

El valor limitante real para una operación depende del radio de las esquinas en el punzón y el dado, también depende de las condiciones de fricción, de la profundidad de embutido y de las características de la lámina de metal. (Ortiz Prado, et al., 2013)

Otra forma de caracterizar la dureza de la operación de embutido es con el valor de Reducción, la cual está ligada estrechamente con la relación de embutido. Para proceder a embutir el valor de la reducción  $re$  debe ser menor que 0,5. (Ortiz Prado, et al., 2013)

$$re = \frac{D_b - D_p}{D_b} \quad (25)$$

Donde:

$re$  = Valor de Reducción

$$re = \frac{529,613 - 300}{529,613}$$

$$re = 0,433$$

Una tercera medida en el embutido profundo es la relación de espesor al diámetro equivalente, cuyo valor en porcentaje es recomendable que sea mayor al 1%. Conforme decrece  $Re$ , aumenta la tendencia al arrugado. (Ortiz Prado, et al., 2013)

$$R_e = \frac{t}{D_b} * 100\% \quad (26)$$

Donde:

$R_e$  = Relación de espesor al diámetro equivalente en el embutido

$t$  = Espesor de lámina a embutir

$$R_e = \frac{1,5}{529,613} * 100\%$$

$$R_e = 0,28\%$$

En los casos en que el diseño de la parte embutida exceda los límites de la relación de embutido, la reducción  $re$  y la relación de espesor al diámetro equivalente en el embutido  $R_e$ , la forma debe ser embutida en dos o más pasos, algunas veces con recocido. (Ortiz Prado, et al., 2013)

### 3.3.3.2.6. Fuerza de embutido

La fuerza de embutido que se requiere para realizar una operación dada se puede estimar aproximadamente mediante la siguiente expresión (suponiendo una sección circular de la pieza. (Ortiz Prado, et al., 2013)

$$F_e = \sigma_{m\acute{a}x} * \pi * t * D_p \left( \frac{D_b}{D_p} - 0,7 \right) \quad (27)$$

Donde:

$F_e$  = Fuerza de embutido

$\sigma_{m\acute{a}x}$  = Resistencia a la tracción ( $520 \frac{N}{mm^2}$ )

La constante 0.7 = Es un factor de corrección para la fricción

$$F_e = 520 * \pi * 1,5 * 300 \left( \frac{529,613}{300} - 0,7 \right)$$

$$F_e = 783193,205 \text{ N}$$

$$1Kg = 9,81N$$

$$F_e = 79836,21 \text{ Kg}$$

$$1Ton = 1000 \text{ Kg}$$

$$F_e = 79,84 \text{ Ton}$$

### 3.3.3.2.7. *Velocidad de Embutición*

Bliss aconseja que la velocidad del punzón en la embutición no debe sobrepasar los siguientes valores: (Maluquer Wahl, et al., 1977, p. 125)

- Zinc y Acero inoxidable = 200 mm/seg
- Acero dulce = 280 mm/seg
- Aluminio = 500 mm/seg
- Latón = 750 mm/seg

Para las embuticiones no cilíndricas son recomendable velocidades pequeñas. (Maluquer Wahl, et al., 1977)

### 3.3.3.2.8. *Lubricación para la embutición*

Para evitar que la resistencia opuesta al deslizamiento de la chapa sea excesiva y provoque un estiramiento del material que puede llegar hasta su rotura, por tal motivo se debe lubricar la chapa. Esta lubricación permitirá, disminuir el esfuerzo de embutición y el desgaste rápido de la herramienta. (Maluquer Wahl, et al., 1977, p. 123)

**Tabla 13-3:** Lubricantes para la embutición

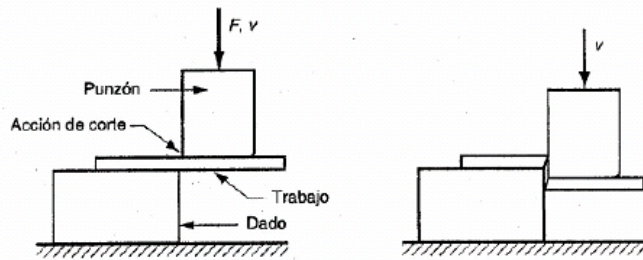
<b>Material</b>	<b>Lubricante</b>
Acero	Se utiliza el Aceite de Nabo, el cual está compuesto de: 25% de Grafito, 25% de Grasa de Buey Y 50% de Aceite de Manteca.
Acero Inoxidable	Se recomienda utilizar el Agua Grafitada.
Latón o Cobre	Se emplea una mezcla de Petróleo y Grafito en Polvo, también se puede emplear Aceite de Nabo con Agua Jabonosa.
Aluminio	Es recomendable emplear Aceite Soluble diluido al 1/10, el cual es una mezcla de Aceite de Colza y de Grasa de Animal (30%) o Aceite de Colza y Lanolina.

**Fuente:** (Maluquer Wahl, et al., 1977, p. 123)

### 3.3.3.3. *Corte*

En esta operación se corta la lámina utilizando un punzón y un dado, en el cual las cargas generadas son superiores a la resistencia del material, lo que produce la separación de la lámina. (Ortiz Prado, et al., 2013)





**Figura 61-3:** Operación de Corte

Fuente: (Ortiz Prado, et al., 2013)

### 3.3.4. Rompeolas

El rompeolas permite la supresión del movimiento del fluido en la dirección longitudinal del tonel. La geometría actualmente utilizada para la construcción de rompeolas cubre prácticamente la totalidad de la sección transversal del tonel. Por otro lado, el movimiento de oleaje se presenta en mayor medida en la superficie libre del fluido, por lo que es importante incrementar la atenuación del movimiento en esta zona. (Favela Gallegos, et al., 2006)

Estas son algunas razones que permiten conducir hacia propuestas de geometrías alternativas para la construcción de rompeolas. El rompeolas debe incorporar compuertas que permitan el paso de combustible y debe mantener abastecida a la bomba de gasolina la cual se encuentra ubicada dentro de la cámara de succión que forma el rompeolas.

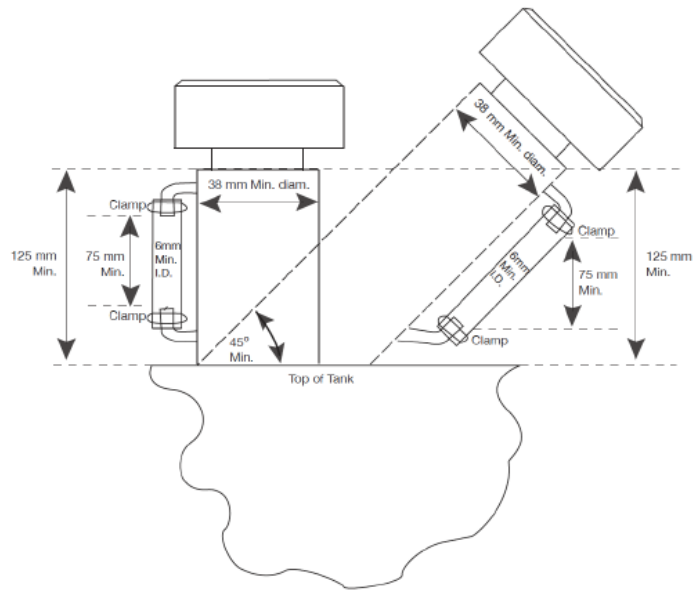
### 3.3.5. Cuello de llenado del depósito de combustible

La toma de llenado del depósito de combustible, debe cumplir con las dimensiones del reglamento de la Formula SAE (IC2.6).

Todos los tanques de combustible deben tener un cuello de llenado (IC2.6.1).

- Al menos 38 mm (1,5 pulgadas) de diámetro.
- Al menos 125 mm (4.9 pulgadas) de altura vertical.
- Un ángulo a no más de cuarenta y cinco grados ( $45^\circ$ ) desde la vertical. (Formula SAE, 2013)

Si la altura vertical de 125 mm está por encima del nivel superior del tanque, debe ir acompañada de un tubo de visión transparente resistente a combustible, de esta manera tener una lectura clara del nivel del mismo (IC2.6.2). (Formula SAE, 2013)



**Figura 62-3:** Cuello de Llenado del Depósito de Combustible

Fuente: (Formula SAE, 2013)

### 3.3.6. Accesorios del depósito de combustible

#### 3.3.6.1. Bomba de combustible

Se debe incorporar una bomba de combustible que proporcione el caudal y la presión necesaria que satisfaga las necesidades del motor de combustión interna.

#### 3.3.6.2. Tapa de la boca de llenado de combustible

La tapa de la boca de llenado debe lograr la hermeticidad del depósito de combustible.

#### 3.3.6.3. Tapón de drenaje

En el tapón de drenaje no se debe emplear accesorios de unión de hierro fundido, deben ser de acero o cobre y cumplir con lo siguiente:

Las uniones en los tubos de acero o cobre deben ser abocinadas, soldadas con soldadura fuerte o construida con elementos de conexión para tubería de gas. (INEN, 2015)

#### 3.3.6.4. Cañerías

En la instalación de los equipos para carburación con GLP se emplean dos tipos de mangueras, las de alta presión, empleadas en fase líquida y gaseosa, las de baja presión empleadas en fase gaseosa. (INEN, 2015)

#### 3.3.6.4.1. Alta presión

Las conexiones flexibles y las mangueras para alta presión, se emplean para realizar la conducción de GLP a presiones superiores a los 34,5 KPa, bien sea en estado líquido o gaseoso deben cumplir con los siguientes requisitos: (INEN, 2015)

- Debe ser construida con capa de alambre trenzado de acero inoxidable.
- Estar diseñadas para una presión de trabajo no menor a 2,41 MPa, con un factor de seguridad 5 a 1.
- Tener una presión de ruptura no menor a 12,1 MPa.
- Ir rotuladas a todo lo largo de su extensión con inscripciones que especifiquen la presión de trabajo, las letras "GLP" y nombre del fabricante. Cada tramo de manguera instalada debe tener al menos una de tales marcaciones.
- El material debe ser resistente a la acción del GLP tanto en estado líquido como gaseoso.
- El ensamble de la manguera en el punto de la conexión con el accesorio, debe tener una capacidad para soportar una presión de 4,8 MPa.
- En las instalaciones de alta presión no se permite el empleo de conexiones rápidas. (INEN, 2015)

#### 3.3.6.4.2. Baja presión

Las mangueras usadas para servicio a baja presión deben cumplir con los siguientes requisitos: (INEN, 2015)

- Soportar presiones de trabajo de por lo menos 70 KPa.
- Deben estar construidas en materiales resistentes a la acción del GLP en estado gaseoso
- Ir rotuladas a todo lo largo de su extensión con inscripciones que especifiquen la presión de trabajo, las letras "GLP" y la marca del fabricante. (INEN, 2015)

#### 3.3.6.5. Abrazaderas

Se deben usar abrazaderas diseñadas específicamente para líneas de combustible y que cumplan con las siguientes características: (Formula SAE, 2013)

- Una envoltura completa de 360 grados

- Un sistema de tuercas y pernos para ajustar
- Bordes enrollados para evitar que la abrazadera corte la manguera. Las abrazaderas de manguera tipo engranaje sin fin no están aprobadas para su uso en ninguna línea de combustible. (Formula SAE, 2013)

### **3.3.7. *Ubicación del depósito de combustible***

El depósito de combustible se debe ubicar en el punto que brinde las mejores condiciones de seguridad, de mantenimiento y la facilidad al realizar la instalación en el vehículo. Para ello se debe tener en cuenta:

- El tanque debe estar ubicado de tal manera que se encuentre protegido contra daños de colisión y que no cause molestias al realizar el movimiento normal del vehículo.
- Las válvulas y los accesorios del tanque tampoco deben sobresalir por el techo, el piso o las partes laterales del vehículo.
- El tanque se debe localizar alejado del sistema de gases de escape o de otras fuentes de calor. El espaciamiento mínimo debe ser de 20 cm. Si el cumplimiento de esta distancia presenta inconvenientes, se pueden instalar pantallas de elemento aislante.
- Los tanques no deben ser instalados por debajo de la estructura del chasis o del punto más bajo de la carrocería para los vehículos compactos.
- Los soportes del tanque deben estar capacitados para resistir como mínimo cuatro veces el peso del tanque completamente lleno de combustible. No debe presentar distorsiones en ninguna dirección. (INEN, 2008)

## **3.4. *Diseño y Análisis por elementos finitos del Depósito de Combustible***

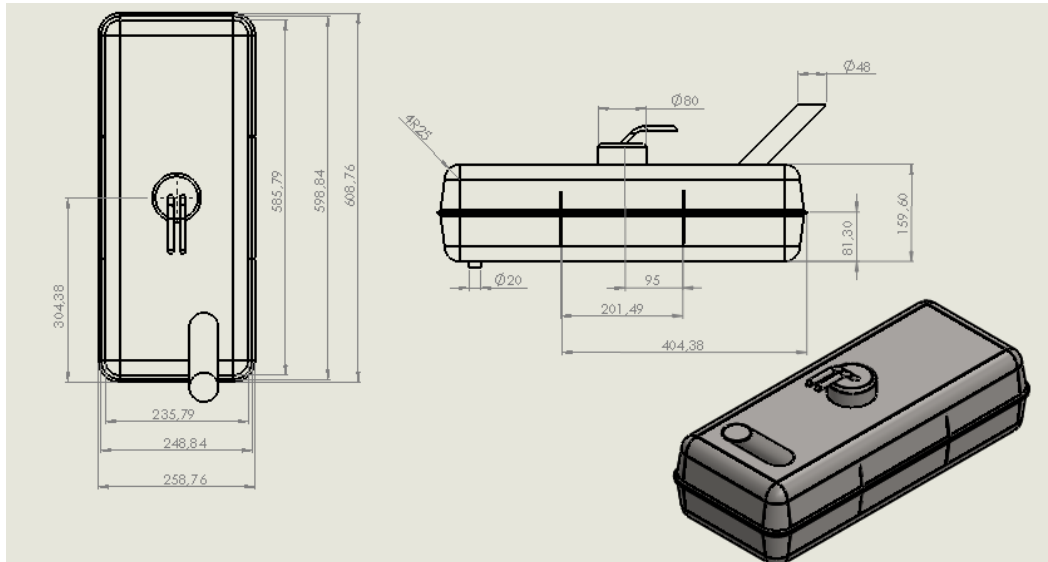
### **3.4.1. *Modelado del depósito de combustible***

Para el diseño del depósito de combustible se tomó en cuenta las siguientes consideraciones:

- Diseño y ubicación adecuada del rompeolas.
- Dimensionamiento del depósito de combustible acorde a la ubicación en el chasis del prototipo
- Modelado del depósito de combustible dependiendo al volumen requerido del sistema de alimentación de baja presión.

- El depósito de combustible debe cumplir con los parámetros de diseño descritos anteriormente.

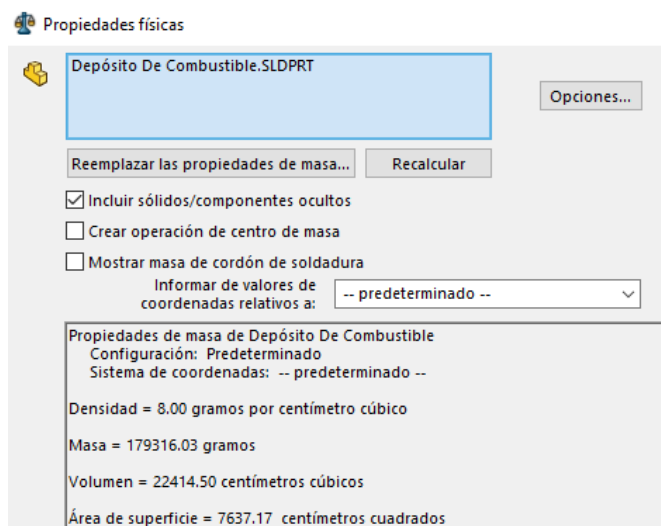
Una vez definido los parámetros y las características de diseño, se procede al dimensionamiento del depósito de combustible mediante el software SolidWorks.



**Figura 63-3:** Modelado del depósito de combustible

**Fuente:** Autores

Además, el software SolidWorks proporciona las propiedades físicas del depósito de combustible como el volumen requerido para la alimentación del sistema de baja presión.



**Figura 64-3:** Propiedades Físicas del Depósito de Combustible

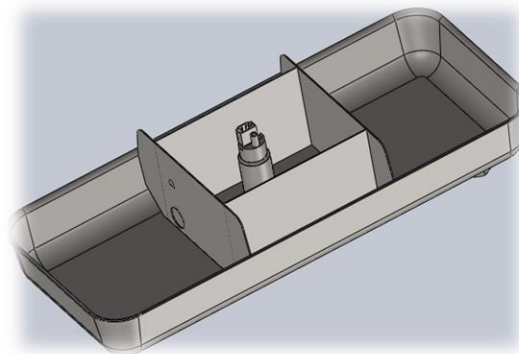
**Fuente:** Autores

El volumen y el área superficial del depósito de combustible diseñado es de:

$$V \text{ deposito de combustible} = 22414,50 \text{ cm}^3 = 22,41 \text{ Litros}$$

$$\text{Área de superficie del deposto de combustible} = 7637,17 \text{ cm}^2$$

En el diseño del rompeolas se tomó en cuenta la ubicación de los elementos internos del depósito, como es la bomba de combustible, la cual debe mantenerse siempre alimentada, refrigerada y protegida contra el oleaje del combustible, como se observa en la figura 65-3.

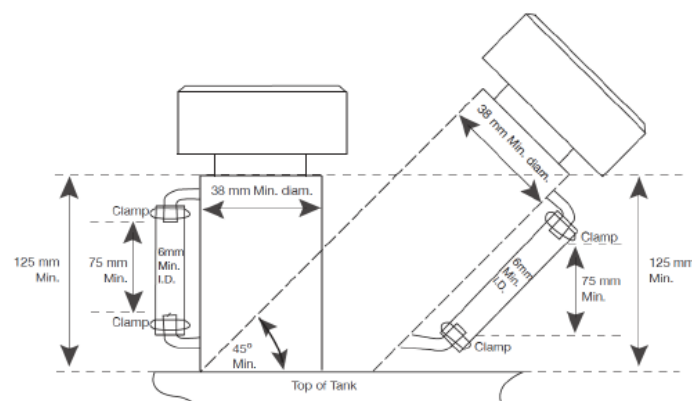


**Figura 65-3:** Diseño del rompeolas

Fuente: Autores

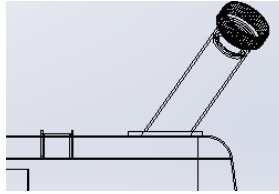
El rompeolas se diseñó colocado placas transversales a lo largo del tanque, las cuales se ajustan a la sección transversal del mismo, con el propósito de disminuir la turbulencia producida por el oleaje en direcciones longitudinales dentro del depósito de combustible.

Para el diseño de la toma de llenado del depósito de combustible, se tomó a consideración las dimensiones requeridas por el reglamento de Formula SAE.



**Figura 66-3:** Cuello de Llenado del Depósito de Combustible Fórmula SAE

Fuente: (Formula SAE, 2013)



**Figura 67-3:** Cuello de Llenado del Depósito de Combustible Diseñado

Fuente: Autores

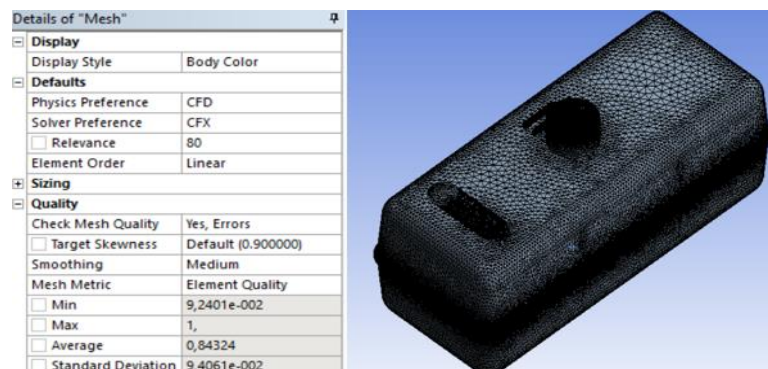
### 3.4.2. Análisis por elementos finitos

Después de obtener el diseño adecuado del depósito de combustible, se procede a realizar los respectivos análisis de funcionamiento mediante el método de elementos finitos utilizando el Software Ansys, el cual permite comprobar el comportamiento del flujo del fluido y la resistencia del rompeolas dentro del depósito de combustible previo a su construcción.

Para el análisis del comportamiento del flujo de fluido se utilizara la herramienta Fluid Flow (CFX), la cual es una herramienta de software de Dinámica de Fluidos Computacional (CFD) de alto rendimiento que ofrece soluciones confiables y precisas de forma rápida y sólida en una amplia gama de aplicaciones. (Ansys, 2018)

Además, para comprobar la resistencia del rompeolas ante el flujo del fluido se utilizará la herramienta Structural Static.

Para tener un análisis aceptable, se debe definir la calidad de mallado (Element Quality) el cual es uno de los criterios de evaluación de mallado y debe estar entre 0,8 a 1 según recomienda Ansys Meshing.



**Figura 68-3:** Calidad de Mallado

Fuente: Autores

Después de haber definido el mallado, se obtuvo una calidad de mallado de 0,8432 el cual se encuentra en un rango aceptable para los análisis.

### 3.4.2.1. Análisis del Flujo del Fluido (CFX)

Para conocer el adecuado comportamiento de flujo del fluido dentro del depósito de combustible se tomará de referencia lo siguiente:

Gasto másico ( $\dot{m}$ )

$$\dot{m} = \rho * Q \quad (28)$$

Donde:

$\rho$ = Densidad de la gasolina ( $0,68 \text{ g/cm}^3$ )

$Q$ = Caudal

El depósito de combustible tiene un volumen de 22,4 litros, el cual se llena en un tiempo de 44,66 Segundos.

$$Q = \frac{\text{volumen}}{\text{tiempo}}$$

$$Q = \frac{22,4 \text{ Litros}}{44,66 \text{ Segundos}} = 0,50 \text{ l/s}$$

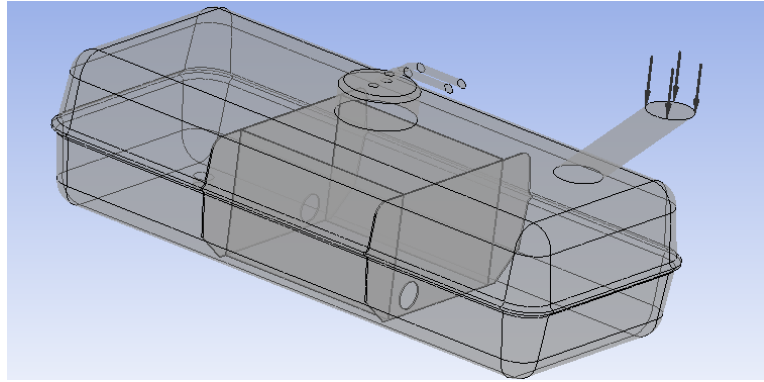
$$\dot{m} = 6,8 \times 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} * 500 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}} = 0,34 \text{ Kg/s}$$

**Tabla 14-3:** Datos de entrada para el análisis del flujo del fluido (Gasolina)

Gasto Másico	0,34 Kg/s
Densidad	0,68 g/cm <sup>3</sup>
Presión de vapor	0,7 atm
Masa molar	114,229 g/mol
Capacidad de Calor Especifico	2.22 J/g °K
Viscosidad	0,6 centipoise
Conductividad Térmica	0,116 W/ m °K
Auto inflamabilidad	> 200 oC
Interacciones	100

**Fuente:** (Carbone Stainless Steel, 2018)



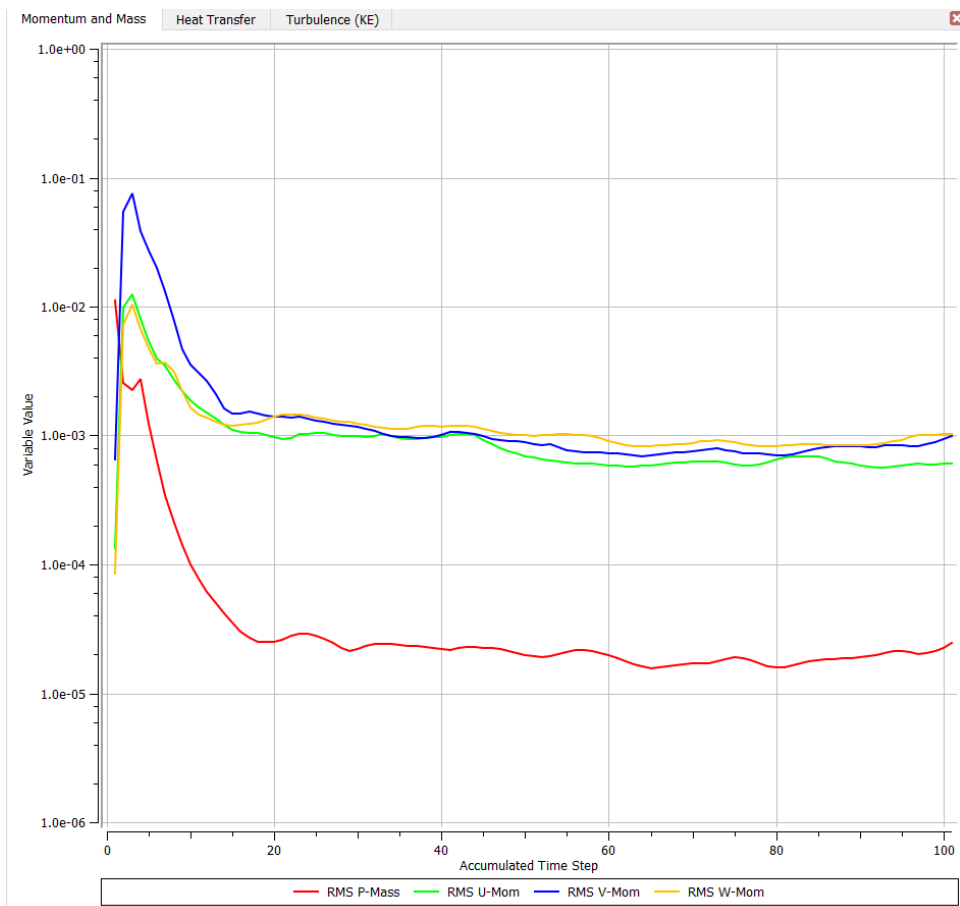


**Figura 69-3:** Condiciones de Contorno

Fuente: Autores

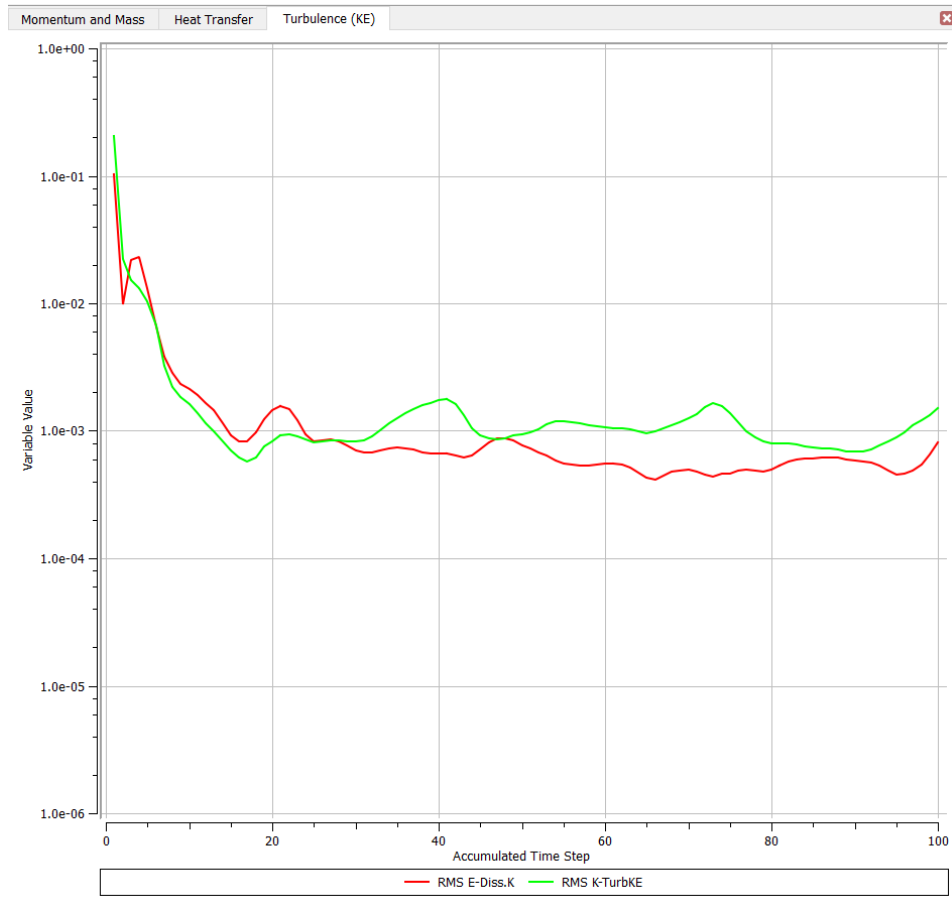
### 3.4.2.1.1. Comportamiento del flujo del fluido (Gasolina)

En este proceso el software realiza todos los cálculos y soluciones mediante ecuaciones matemáticas e interacciones, las cuales generan la solución al problema.



**Figura 70-3:** Comportamiento de las Variables

Fuente: Autores



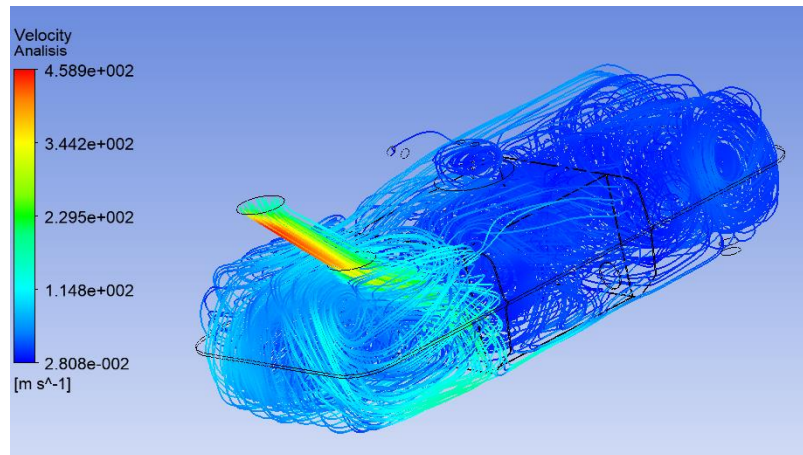
**Figura 71-3: Turbulencia**

**Fuente:** Autores

Al concluir el proceso se observa en las figuras 70-3 y 71- 3 el comportamiento del flujo de la gasolina dentro del depósito de combustible, en las cuales se visualiza que no existe picos elevados en las curvas del comportamiento de las variables, por lo que se tiene una turbulencia estable. El proceso cumple con requerimientos necesarios para resolver el problema de la geometría del depósito de combustible ya que las curvas se estabilizan.

#### 3.4.2.1.2. Solución del problema

Una vez analizado las figuras 70-3 y 71- 3 del comportamiento del flujo del fluido, se puede observar cómo actúa la gasolina en el interior del depósito de combustible, como se muestra en las figuras 72-3 y 73-3:



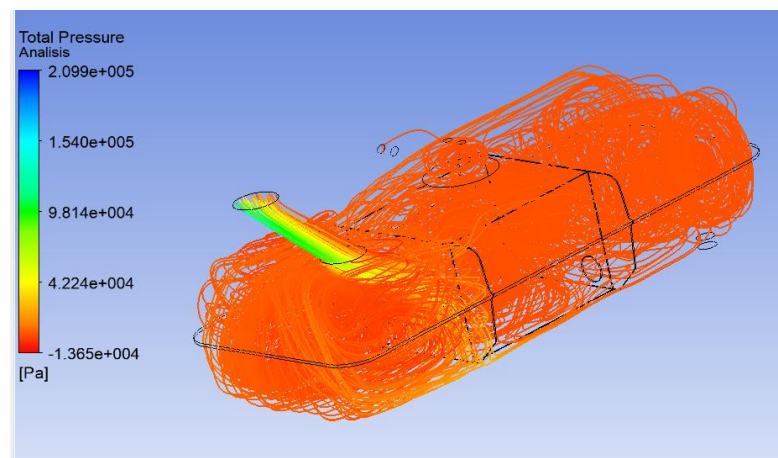
**Figura 72-3:** Velocidad de la gasolina

**Fuente:** Autores

En la figura 72-3 se observa la velocidad con la que fluye la gasolina dentro del depósito de combustible.

Velocidad máxima:  $4,589 e^{002} m/s$

Velocidad mínima:  $2,808 e^{-002} m/s$



**Figura 73-3:** Presión de la gasolina

**Fuente:** Autores

En la figura 73-3 se observa la presión que produce la gasolina dentro del depósito de combustible.

Presión máxima:  $2,009e^{005} Pa$

Presión mínima:  $-1,365e^{004} Pa$

### 3.4.2.2. Análisis estructural de presión hidrostática

Al finalizar con los análisis del flujo del fluido, se procede a realizar un análisis de presión hidrostática del fluido, la cual es la fuerza por unidad de área ejercida por el peso de un líquido sobre las paredes y el fondo del recipiente, así también sobre cualquier cuerpo que se encuentra sumergido. Esta presión se debe al peso del líquido y depende de la gravedad, densidad y la profundidad del recipiente. (Física Práctica, 2007)

**Tabla 15-3:** Datos de entrada para en análisis

Densidad de la gasolina	0,68 g/cm <sup>3</sup>
Profundidad del depósito de combustible	15 cm
Gravedad	9,81 m/s <sup>2</sup>

Fuente: Autores

Para el análisis estructural se debe asignar las propiedades del material en el software.

**Tabla 16-3:** Propiedades del material

Módulo De Elasticidad	193000 N/mm <sup>2</sup>
Resistencia a la Fluencia	310 N/mm <sup>2</sup>
Resistencia Máxima	620 N/mm <sup>2</sup>
Densidad	7,9 g/cm <sup>3</sup>
Radio de Poisson	0,28

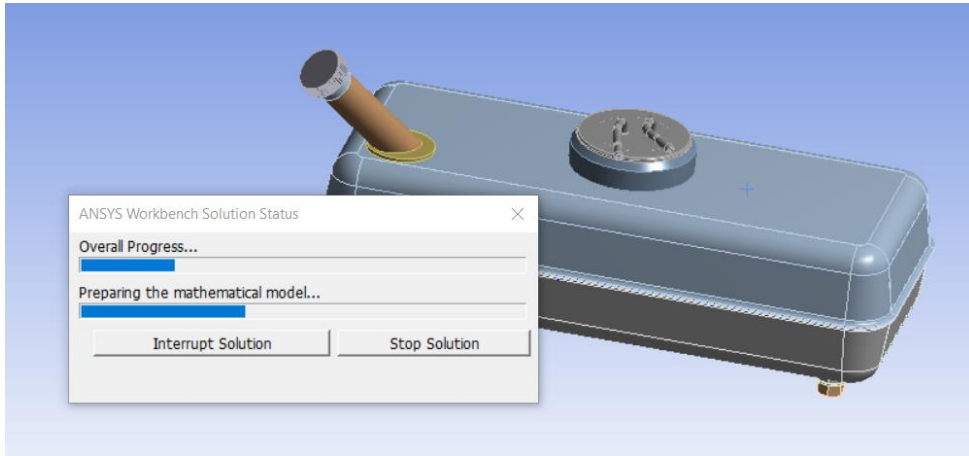
Fuente: Autores

Property	Value	Unit
Density	7,9	g cm <sup>-3</sup>
Young's Modulus	1,93E+05	MPa
Poisson's Ratio	0,28	
Bulk Modulus	1,4621E+11	Pa
Shear Modulus	7,5391E+10	Pa
Tensile Yield Strength	310	MPa
Compressive Yield Strength	310	MPa
Tensile Ultimate Strength	620	MPa
Compressive Ultimate Strength	0	MPa

**Figura 74-3:** Asignación del material en el software

Fuente: Autores

Una vez asignado el material y los parámetros de entrada se procede a realizar los siguientes análisis.



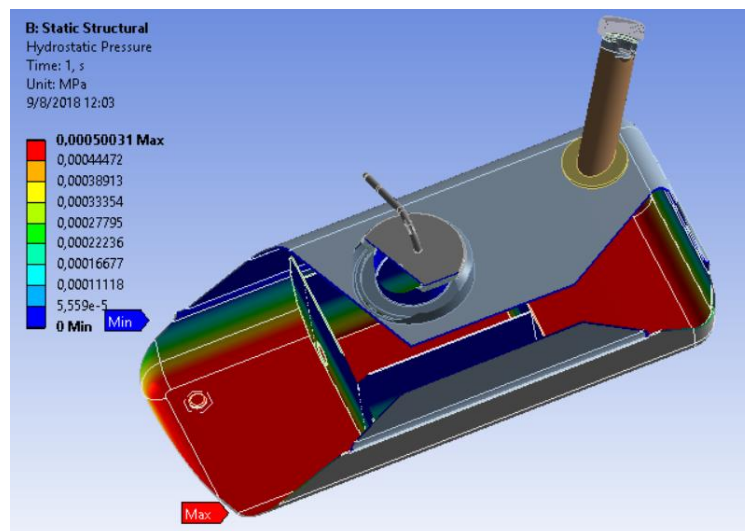
**Figura 75-3:** Postproceso del Análisis

Fuente: Autores

#### 3.4.2.2.1. Resultados del Postproceso

##### a. Presión hidrostática

Al momento que ingresa la gasolina al depósito de combustible se va generando una presión hidrostática de 0,0005003 MPa en el fondo del depósito, mientras se va llenado el depósito la presión hidrostática disminuye hasta una valor mínima de  $5,559 e^{-5}$  MPa, como se observa en la figura 76-3.

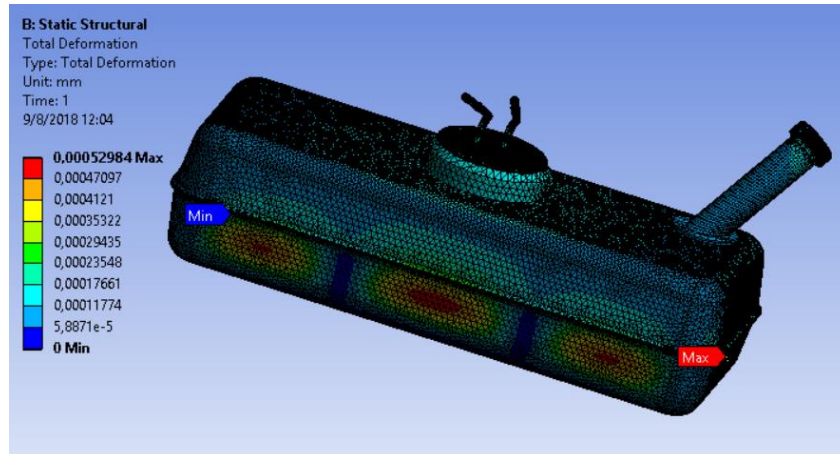


**Figura 76-3:** Presión hidrostática

Fuente: Autores

b. Deformación total

Al actuar la presión hidrostática dentro del depósito de combustible, se observa que la presión generada produce una deformación máxima de 0,00052984 mm, la misma que no afecta en el interior depósito y es totalmente confiable para su construcción.

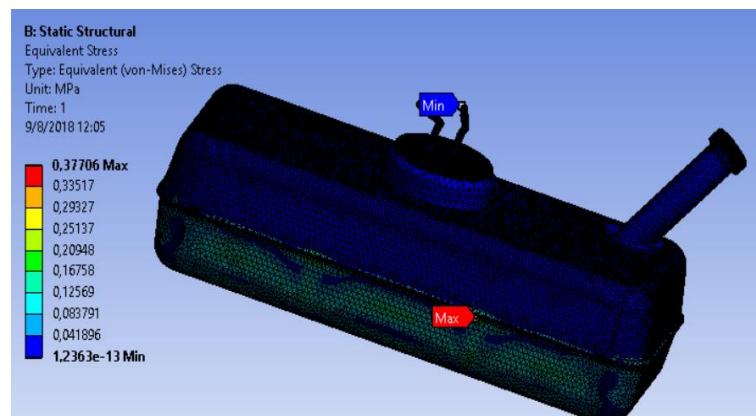


**Figura 77-3:** Deformación total

Fuente: Autores

c. Esfuerzo Equivalente (Von Mises)

El esfuerzo equivalente Von Mises es un modelo que permite conocer la energía máxima de distorsión que se produce dentro del depósito de combustible al aplicar una carga.



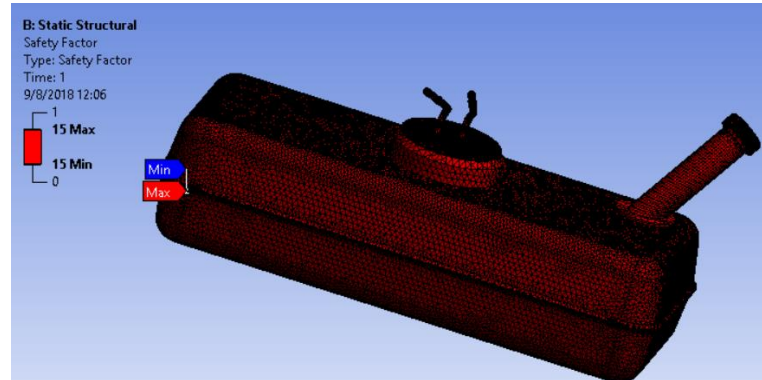
**Figura 78-3:** Esfuerzo Equivalente (Von Mises)

Fuente: Autores

En la figura 78-3 se puede observar que cuando el depósito de combustible se va llenado de gasolina, la presión generada produce un esfuerzo máximo de 0,377 MPa y un esfuerzo mínimo de  $1,236 e^{-13}$  MPa, lo cual no afecta en nada al depósito debido a que el material seleccionado tiene una Resistencia a la Fluencia 310 Mpa.

d. Factor de seguridad

Para garantizar el diseño del depósito de combustible se debe verificar el factor de seguridad. Si  $n_s > 1$  el diseño es adecuado, entre mayor sea  $n_s$  más seguro será el diseño. (Budynas & Keith Nisbett, 2008)



**Figura 79-3:** Factor de seguridad

**Fuente:** Autores

En la figura 79-3 se observa que el factor de seguridad del depósito de combustible es 15, el cual indica que el material seleccionado es adecuado para el diseño.

## CAPÍTULO IV

### 4. CONSTRUCCIÓN

#### 4.1. Reforzamiento de la Estructura del Habitáculo

Una vez concluido con los respectivos análisis de cargas distribuidas de acuerdo con el Reglamento de la R.F.E.d.A y cumpliendo con los parámetros de la norma INEN 1323. Se procede a la reforzar la estructura del habitáculo según los planos que se observara en los anexos, con tubos redondos de acero estructural ASTM A 500 grado B.

##### 4.1.1. *Adquisición del material*

Los esfuerzos constan con el mismo material que está construida la estructura base, tubos redondos de acero estructural ASTM A 500 grado B, ya que tiene buenas propiedades de tenacidad, buena penetración al temple y un mejor grado de soldabilidad por su alto contenido de carbono.

El catálogo de la marca Novacero presenta una gran variedad de tuberías estructurales de aceros ASTM y ofrece una fácil adquisición del material en el mercado ecuatoriano, por qué lo fue posible adquirir el material para la construcción acero ASTM A 500 grado B.

Tubo redondo con costura ASTM A 500 grado B (38x4) mm.

##### 4.1.2. *Preparación del material*

###### 4.1.2.1. *Marcado e inspección*

Después de haber adquirido el material, se marca con exactitud las diferentes medidas, basadas en los planos del diseño. Se debe realizar una inspección del marcado para evitar tomar medidas inapropiadas y así no tener pérdida del material, lo cual implicaría gastos innecesarios.



**Figura 1-4:** Marcado e inspección del material para los refuerzos

Fuente: Autores



#### 4.1.2.2. *Cortado*

Ya con las medidas adecuadas se procede a cortar el material en las zonas marcadas con una sierra trazadora para metal de 14 pulg de diámetro y una profundidad de corte de 6 pulg. Se debe tener en cuenta el orden y secuencia al momento de cortar el material, para que al instante de su montaje no haya equivocación alguna.



**Figura 2-4:** Corte del Material para los Refuerzos

Fuente: Autores

#### 4.1.2.3. *Preparado*

Con los tubos cortados se procede a dar forma a los extremos de los mismos, con una Amoladora Angular de 115 mm de diámetro y con un disco de desbaste se procede a pulir las rebabas que deja el disco de corte, de tal manera que los tubos se acoplen al espacio y al perfil de la estructura base.



**Figura 3-4:** Preparado del Material para los Refuerzos

Fuente: Autores

#### 4.1.3. *Ubicación de los refuerzos del habitáculo*

Con los tubos ya preparados se procede a la ubicación de los mismos con una ligera inspección en las diferentes áreas, de acuerdo con los planos de diseño de la estructura.



**Figura 4-4:** Ubicación de los Refuerzos del Habitáculo

**Fuente:** Autores

#### 4.1.3.1. Refuerzo superiores

Para los refuerzos superiores se colocó los tubos en la parte posterior del habitáculo como se muestra en la figura 5-4.



**Figura 5-4:** Construcción de Refuerzos Superiores

**Fuente:** Autores

Después se colocó tubos en el techo, de manera que en un vuelco las cargas se distribuyan de manera uniforme, brindando protección a los ocupantes.



**Figura 6-4:** Ubicación de Refuerzos Superiores

**Fuente:** Autores

#### 4.1.3.2. Refuerzo frontales

Seguidamente se procede a colocar los refuerzos frontales, ubicados de modo que brinden rigidez a la estructura y seguridad a los ocupantes en el caso de que ocurra un choque.



**Figura 7-4:** Construcción de Refuerzos Frontales

**Fuente:** Autores

#### 4.1.3.3. Refuerzo laterales

Después se procedió a colocar los refuerzos laterales con el motivo de solventar la protección del conductor y el ocupante, en caso de que el vehículo sufra un choque lateral.



**Figura 8-4:** Construcción de Refuerzos Laterales

**Fuente:** Autores

Además, se ubicó refuerzos en el piso de manera triangular, para después de ser soldado completamente y colocar tol antideslizante sobre de los tubos del piso, para que sirva como soporte a los elementos que va a ir sobre el piso del habitáculo.



**Figura 9-4:** Construcción de Refuerzos del Piso

**Fuente:** Autores

Una vez ubicados todos los refuerzos, se procede a fijarlos realizando puntos de soldadura en los extremos de los mismos, previo a su soldadura final.



**Figura 10-4:** Colocación de Puntos de Soldadura

Fuente: Autores

#### **4.1.4. Soldadura**

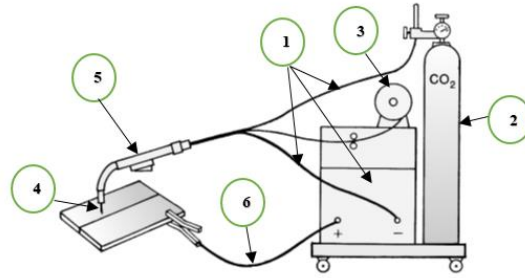
La soldadura se define como la unión mecánica resistente de dos o más piezas metálicas, mediante el empleo de una fuente de calor (una llama, un sistema de inducción, un arco eléctrico). En la soldadura, para rellenar las uniones entre las piezas, se utilizan varillas de relleno, denominadas material de aporte o electrodos, realizadas con diferentes aleaciones, en función de los metales a unir, las dos o más piezas metálicas son calentadas junto con el material de aporte a una cierta temperatura, fundiéndolos conjuntamente. Al enfríarse forman una unión permanente, así obteniendo una soldadura igual o más fuerte que el material original de las piezas, siempre y cuando la misma esté realizada correctamente. (Rodríguez, 2001, p. 5)

#### **Soldadura MIG ó GMAW**

El proceso MIG (Metal Inert Gas) o también denominado GMAW (Gas Metal Arc Welding). Este proceso de soldeo utiliza electrodos desnudos y protección por gas, en el cual el calor es generando por un arco, entre un electrodo consumible y el metal que se va a soldar. (Rodríguez, 2001)

El equipamiento básico para MIG o GMAW consta de:

1. Equipo para soldadura por arco con sus cables.
2. Suministro de gas inerte para la protección de la soldadura con sus respectivas mangueras.
3. Mecanismo de alimentación automática de electrodo continuo.
4. Electrodo continuo.
5. Pistola o Torcha para soldadura, con sus mangueras y cables.
6. Cable de masa (Rodríguez, 2001)



**Figura 11-4:** Equipamiento básico para MIG o GMAW

Fuente: (Rodríguez, 2001)

#### 4.1.4.1. *Proceso de soldadura de los refuerzos*

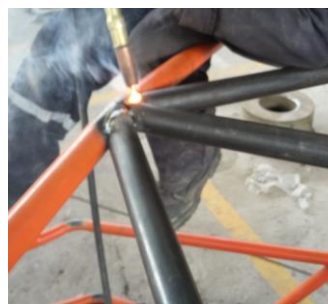
Para la soldadura de los refuerzos, se utilizó el proceso GMAW debido a que no se necesita detener el proceso de soldadura como ocurre con el sistema de arco protegido y TIG, así también al trabajar con electrodo desnudo, se obtiene ausencia total de escoria y limpieza en la soldadura.



**Figura 12-4:** Soldadura de los Refuerzos

Fuente: Autores

Es importante que, al iniciar a soldar, la distancia a la que debe estar la pistola de la superficie a soldar, debe ser la del diámetro de la boquilla. El electrodo deberá sobresalir de la boquilla aproximadamente 6 milímetros, alimentada en forma continua desde un rollo externo hasta la boquilla de la pistola. (Rodríguez, 2001)



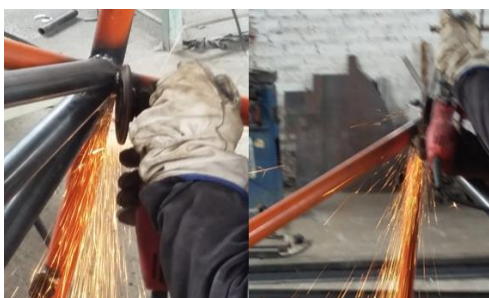
**Figura 13-4:** Ubicación de la Pistola sobre la Superficie a Soldadura



Fuente: Autores

#### 4.1.5. Pulido y pintado de la estructura

Después de concluir la fijación de todos los refuerzos mediante el proceso de soldadura, se procedió a dar un acabado de pulido de las partes soldadas con una amoladora y un disco de desbaste, retirando los excesos de material hasta obtener una superficie uniforme en los puntos de soldadura.



**Figura 14-4:** Pulido de Superficies a pintar

Fuente: Autores

Para finalizar se procedió a pintar la estructura, para la protección contra la corrosión y agentes atmosféricos. El proceso de pintado se realizó con pintura automotriz sintética la cual tiene una larga vida útil y necesita ser diluida en un solvente “Tiner” por su rápida evaporación favoreciendo al secado de la pintura. Al concluir el pintado se obtuvo una superficie brillante y uniforme a la vez.



**Figura 15-4:** Pintado de la Estructura

Fuente: Autores

## 4.2. Construcción e Implementación del Depósito de Combustible

### 4.2.1. Parámetros de construcción

En la construcción del tanque de combustible, se debe tener en cuenta varios parámetros que influyen en el proceso de fabricación, como son:

- Material
- Costo
- Construcción
- Soldadura
- Selección de los elementos del sistema de baja presión
- Resistencia a contaminantes atmosféricos
- Ubicación y Facilidad de mantenimiento
- Lugar de construcción

#### 4.2.1.1. *Material*

Para iniciar el proceso de construcción se debe investigar la disponibilidad del material en el mercado nacional. El acero inoxidable AISI 304 es de fácil adquisición, tiene una alta resistencia a la corrosión y cumple con las necesidades de construcción del depósito de combustible.

#### 4.2.1.2. *Costo*

El material seleccionado es muy utilizado en la industria, es económico y está al alcance de adquisición de toda persona.

#### 4.2.1.3. *Construcción*

Para la construcción del depósito de combustible, se debe tomar en consideración la disponibilidad de las máquinas, herramientas y las propiedades del material. Una vez obtenido el proceso de construcción el acero inoxidable AISI 304 cumple con las propiedades mecánicas de fabricación, como es la deformación para la embutición.

#### 4.2.1.4. *Soldadura*

La soldadura en acero inoxidable se realizará con un proceso TIG la cual cumple con las especificaciones de la norma INEN 2310, ya que genera fácilmente el arco de soldadura, posee una mejor acción de limpieza sobre el acero inoxidable y trabaja con una resistencia mayor a la tracción que otros procesos. (Rodríguez, 2001)

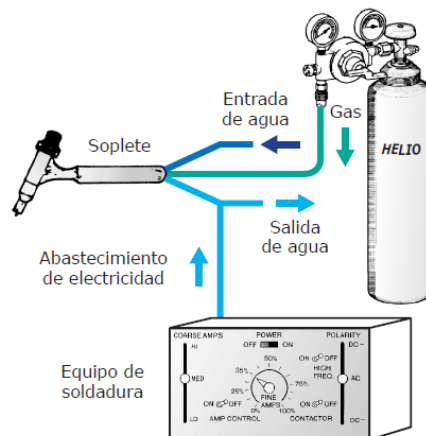
El proceso GTAW (Gas Tungsten Arc Welding) o TIG (Tungsten Inert Gas) es un proceso por fusión, entre un electrodo de tungsteno no consumible y el metal base a soldar. Este procedimiento el electrodo no aporta metal ni se consume, en caso de ser necesario realizar aportes metálicos, se

harán con una varilla o alambre en la zona de soldadura, utilizando la misma técnica que en la soldadura oxiacetilénica. La zona de soldadura estará protegida por un gas inerte, evitando la formación de escoria o el uso de fundentes protectores. (Rodríguez, 2001)

### Equipo Básico para TIG o GTAW

El equipamiento básico necesario para ejecutar este tipo de soldadura está conformado por:

- Un equipo para soldadura por arco con sus cables respectivos.
- Provisión de un gas inerte, mediante un sistema de mangueras y reguladores de presión.
- Provisión de agua (solo para algunos tipos de sopletes).
- Soplete para soldadura TIG. Puede poseer un interruptor de control desde el cual se comanda el suministro de gas inerte, el de agua y el de energía eléctrica. (Rodríguez, 2001)



**Figura 16-4:** Equipo Básico para TIG

Fuente: (Rodríguez, 2001)

#### 4.2.1.5. Selección de los elementos del sistema de baja presión

##### 4.2.1.5.1. Bomba de combustible

De acuerdo a las características del motor Isuzu 2000 cc a carburador, se debe seleccionar una bomba de combustible sumergible máximo de 1 bar de presión, la misma que abastezca las necesidades del motor.

##### 4.2.1.5.2. Carcasa de la bomba de combustible

La carcasa de la bomba de combustible seleccionada debe cumplir con los requerimientos del sistema de baja presión, la misma que incluya con un soporte para la bomba de combustible, un



medidor de la cantidad de combustible, dos conductos, uno para la alimentación del sistema y el otro de retorno de combustible.

#### *4.2.1.5.3. Tapa para toma de llenado de combustible*

La tapa de combustible seleccionada debe evitar que se derrame el combustible y así también mantener la hermeticidad del depósito de combustible.

#### *4.2.1.5.4. Cañerías del sistema de baja presión*

Para las líneas de combustible de baja presión, las cañerías seleccionadas deben tener propiedades como la resistencia a diferentes temperaturas, corrosión, abrasión y degradación ante la gasolina.

#### *4.2.1.5.5. Abrazaderas*

Las abrazaderas seleccionadas deben tener un sistema de perno regulable y una envoltura de 360 grados con bordes que eviten cortar la cañería, las mismas que deben ser de un material resistente a la corrosión.

#### *4.2.1.6. Resistencia a contaminantes atmosféricos*

El material seleccionado, acero inoxidable AISI 304 posee bajo porcentaje de carbono y presenta una aleación con Cromo, Níquel, Molibdeno y otros elementos que mejoran las propiedades mecánicas y químicas ante la corrosión.

#### *4.2.1.7. Ubicación y Facilidad de mantenimiento*

El depósito de combustible debe estar ubicado en una zona donde no exista riesgo de inflamación del combustible, el mismo debe incluir un mecanismo de anclaje que servirá para fijar el depósito de combustible al prototipo, de modo que permita desmontarlo para realizar sus respectivos mantenimientos.

#### *4.2.1.8. Lugar de construcción*

La construcción del depósito de combustible, se debe realizar en un lugar confiable, que tenga las máquinas y herramientas apropiadas y estar ubicado en un lugar cercano a la ciudad.

### **4.2.2. Materiales, Equipos y Herramienta para el Proceso de Construcción**

#### *4.2.2.1. Materiales*

A continuación, se detalla los materiales que se utilizó para el proceso de construcción.

**Tabla 1-4:** Materiales para el proceso de construcción del depósito de combustible

<b>Materiales a utilizar en el proceso de construcción</b>	
Plancha de acero inoxidable AISI 304 de 1,5 mm	Mangueras de caucho
Pernos de acero inoxidable	Tela aislante
Tubo de acero inoxidable 50 mm	Tapa plástica de combustible
Platina de 1" x 1/8	Lija No 2000
Arandelas de cobre	Discos abrasivos
Brocas	Gomas Sintéticas de Neopreno
Correas de sujeción	Junta Tórica de "Viton"

Fuente: Autores

#### 4.2.2.2. Equipos y Herramientas

Es necesario disponer con los equipos, máquinas y herramientas apropiadas.

**Tabla 2-4:** Equipos de protección personal

<b>Equipos de protección personal</b>	
Guantes	Casco de soldar
Gafas	Zapatos apropiados
Overol	Mascara para pulir

Fuente: Autores

**Tabla 3-4:** Máquinas y Herramientas para el proceso de construcción

<b>Máquinas y Herramientas para el proceso de construcción</b>	
Guillotina hidráulica	Flexómetro
Prensa hidráulica	Amoladora angular de 115 mm
Soldadora para el proceso TIG	Juego de llaves mista
Taladro	Juego de destornilladores
Calibrador Pie de Rey	Sierra trazadora para metal de 14 pulg de diámetro

Fuente: Autores

### 4.2.3. *Proceso de Construcción*

#### 4.2.3.1. *Dimensionamiento del material*

Utilizando un flexómetro, trazamos medidas en la plancha de Acero Inoxidable AISI 304, de ancho 402 mm y de largo 548 mm, el mismo proceso se ejecutó 4 veces, según los requerimientos de construcción.



**Figura 17-4:** Trazado de las medidas para la embutición

Fuente: Autores

#### 4.2.3.2. *Corte del material*

Con el material dimensionado, se procede a realizar los respectivos cortes, utilizando una guillotina hidráulica.



**Figura 18-4:** Corte de la pancha de acero inoxidable AISI 304 para la embutición

Fuente: Autores

#### 4.2.3.3. *Embutido de material*

Se procedió a realizar el proceso de conformado por embutición, utilizando una prensa hidráulica de doble efecto de 100 Toneladas con una matriz de empuje y una de absorción de 40 cm de largo, 25 cm de ancho y 8 cm de profundidad, como se observa en la figura 19-4.



**Figura 19-4:** Embutidora, Matriz de Empuje y de Absorción

**Fuente:** Autores

Procedemos a lubricar las matrices y el material recortado en los puntos que va ejercer presión en la embutición, para así disminuir los esfuerzos a los que va estar expuesto el material durante el proceso



**Figura 20-4:** Lubricación de la Embutidora y del Material a Embutir

**Fuente:** Autores

Después de haber lubricado y colocado la lámina recortada, se precede a encender la prensa hidráulica, para iniciar a embutir el material y obtener los 4 moldes requeridos, este proceso dura alrededor de unos 5 minutos en cada lámina debido a la profundidad de embutición y al espesor de 1,5 mm del material.



**Figura 21-4:** Inicio de la embutición del material

**Fuente:** Autores

Para la embutición de la lámina de acero inoxidable AISI 304, la matriz de empuje debe soportar 100 toneladas de presión que proporciona la prensa hidráulica, con la que desciende la matriz de absorción a una velocidad de 25 mm/s, hasta obtener la forma requerida del depósito de combustible.



**Figura 22-4:** Embutición del material para el depósito de combustible

**Fuente:** Autores

Al finalizar el proceso embutición se pudo observar un defecto de arrugamiento en los bordes de los moldes, los mismos que no afectan la forma requerida del depósito de combustible.



**Figura 23-4:** Moldes embutidos

**Fuente:** Autores

#### 4.2.3.4. *Preparación del molde superior e inferior del depósito*

En esta etapa se procede a recortar el exceso de material de los bordes de los moldes, con la guillotina hidráulica, los cuales fueron producto del proceso de embutición, dándole un mejor acabado a los moldes, para facilitar la soldadura de los mismos.



**Figura 24-4:** Recorte del exceso de material de los bordes de los moldes embutidos

**Fuente:** Autores

Para obtener las dimensiones adecuadas, se necesitó la embutición de 4 moldes debido a que matriz de empuje y de absorción no cumple la longitud requerida del diseño de 60 cm, por lo que se necesitó recortar un borde de cada molde con una amoladora angular, de esta manera obtener las dimensiones requeridas, como se muestra en la figura 25-4.



**Figura 25-4:** Corte de los bordes que darán forma al depósito de combustible

**Fuente:** Autores

Con los moldes recortados, se procedió a unir los extremos de dos moldes con un proceso de soldadura TIG, los mismo que van a formar el cuerpo principal del tanque de combustible.



**Figura 26-4:** Unión de los bordes del cuerpo principal del depósito de combustible

**Fuente:** Autores

En el molde superior se realizó dos agujeros, el primero en donde va ir ubicado la bomba de combustible y el segundo en el cual se ubicará un tubo de acero inoxidable que servirá como la toma de llenado de gasolina hacia el depósito.



**Figura 27-4:** Agujeros para la bomba de gasolina y la toma de llenado

**Fuente:** Autores

Con el agujero realizado para la toma de llenado de combustible, se procedió a cortar un tubo de acero inoxidable AISI 304 de 50 mm de diámetro en la sierra trazadora para metal con un ángulo de inclinación de 40 grados.



**Figura 28-4:** Corte del tubo de acero inoxidable AISI 304

**Fuente:** Autores

Se procedió a preparar el tubo de la toma de llenado, soldando un tubo 5 cm del mismo diámetro, en el cual está mecanizado una rosca, la misma que servirá para la tapa de la toma de llenado de combustible.



**Figura 29-4:** Preparación del tubo para la toma de llenado

**Fuente:** Autores

Se soldó el tubo preparado de la toma de llenado de combustible en el molde superior del depósito.

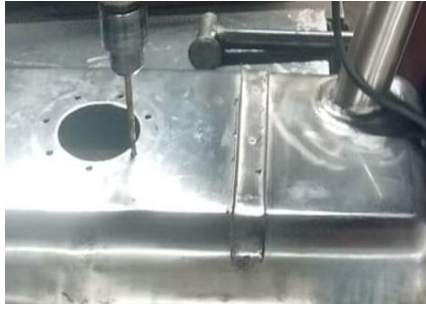


**Figura 30-4:** Soldadura de la toma de llenado sobre el molde superior

**Fuente:** Autores

Para finalizar la preparación del molde superior, con un taladro se realizó agujeros, los que servirán para fijar la bomba de gasolina.





**Figura 31-4:** Taladrado de agujeros para fijar la bomba de gasolina

**Fuente:** Autores

Para realizar el mantenimiento del depósito de combustible se realizó un agujero en el molde inferior, en el cual se soldó una turca de 18 mm de diámetro, para después colocar su respectivo perno que se utilizará como tapón y drenado de la gasolina cuando se realice la limpieza del depósito.



**Figura 32-4:** Tapón para el drenado de combustible

**Fuente:** Autores

#### 4.2.3.5. *Construcción e implementación del rompeolas*

El rompeolas es el encargado de mantener la bomba alimentada y protegida del golpeo fuerte contra las paredes del depósito que genera el movimiento del combustible. Se dimensiono el rompeolas en una lámina de acero inoxidable AISI 304 de acuerdo al diseño, tomando en cuenta la función que va a cumplir el mismo.



**Figura 33-4:** Dimensionamiento del rompeolas

**Fuente:** Autores



Con las dimensiones necesarias se procedió a cortar dando forma a las paredes del rompeolas.



**Figura 34-4:** Paredes del rompeolas

Fuente: Autores

Con el molde inferior preparado, se procedió a soldar el rompeolas de acuerdo a los planos del diseño, con un proceso de soldadura TIG.



**Figura 35-4:** Soldadura del rompeolas

Fuente: Autores

Para sellar la cámara de succión del rompeolas se adquirió tapones de Neopreno resistentes a la gasolina, los mismos que servirán como compuertas para el paso de combustible a la cámara de succión y así mantener abastecida a la bomba de combustible cuando el prototipo esté en condiciones estáticas o en movimiento.



**Figura 36-4:** Tapones de Neopreno

Fuente: Autores

#### 4.2.3.6. *Soldadura de los moldes del depósito de combustible*

Una vez preparado el molde superior e inferior de acuerdo a los planos de diseño y después de haber tomado las respectivas medidas preventivas de construcción, se procedió a soldar los moldes con proceso de soldadura TIG, dando la forma final del depósito de combustible.



**Figura 37-4:** Soldadura de los moldes que darán forma al depósito de combustible

Fuente: Autores

#### 4.2.3.7. Implementación del sistema de alimentación de baja presión

Finalizado el proceso de soldadura, se procede a implantar los elementos del sistema de baja presión en el depósito de combustible.

La Bomba de combustible eléctrica sumergible adquirida de la Marca HENKO la cual es apropiada para motores de combustión interna a carburación y cumple con parámetros establecidos del Motor Isuzu 2000 cc a Carburador. La bomba de combustible seleccionada tiene las siguientes características:

- Código del Fabricante: HENKO-3606
- Caudal Emitido: 140 l/h
- Voltaje de Trabajo: 12v
- Presión de Trabajo: 0.8bar

La bomba de combustible sumergible esta elaboradas con materiales apropiados ante la acción de la gasolina, la misma que reducen el consumo y brindan un flujo constante de combustible en condiciones de bajo nivel de combustible o cuando el conductor realice maniobras agresivas del vehículo

La bomba de combustible brinda:

- Un sellado perfecto
- Es fácil de instalar.
- Operan silenciosamente en cualquier condición de trabajo.
- Mantiene el flujo y la presión constante de gasolina, conforme con los requerimientos del motor de combustión interna.



**Figura 38-4:** Bomba de combustible y sus elementos

**Fuente:** Autores

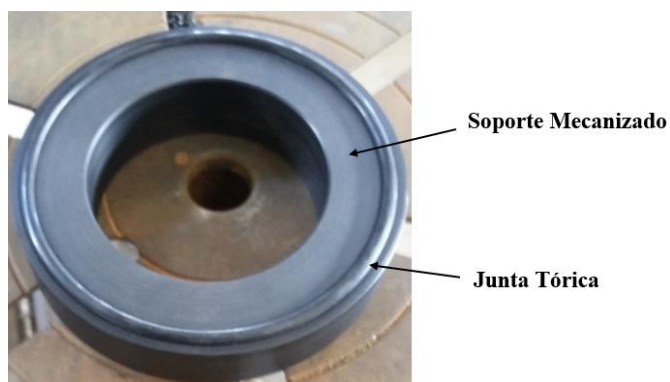
Posteriormente se procedió a adaptar la bomba de gasolina a la carcasa adquirida.



**Figura 39-4:** Adaptación la bomba de gasolina a la carcasa

**Fuente:** Autores

Debido a que la carcasa de la bomba de gasolina sobrepasa la altura del depósito de combustible, se optó por implementar un soporte mecanizado de Neopreno y una Junta Tórica de “Viton”, los cuales poseen propiedades de resistencia a la gasolina, los mismos que son aptos para el sellado hermético entre la bomba de combustible y el depósito.



**Figura 40-4:** Soporte Mecanizado y Junta Tórica

**Fuente:** Autores

Una vez finalizado la adaptación de la bomba de gasolina se procedió al montaje sobre el depósito de combustible como se muestra en la figura 41-4.



**Figura 41-4:** Montaje de la bomba de gasolina sobre el depósito de combustible

**Fuente:** Autores

Después se adquirió una tapa para la toma de llenado del combustible, la cual evita el derrame de la gasolina y permite la hermeticidad del depósito de combustible, la misma que incorpora un conducto de desfogue de gases ante un exceso de presión dentro del depósito de combustible.



**Figura 42-4:** Tapa para la toma de llenado

**Fuente:** Autores

#### 4.2.3.8. *Ubicación del depósito de combustible en el prototipo*

Se procedió a la construcción de soportes, soldando un tubo de 38 mm de diámetro por 2 mm de espesor y platinas de 20 mm de ancho y 2mm de espesor en la parte posterior del prototipo, los mismos que servirán como base para el depósito de combustible.



**Figura 43-4:** Soportes para el depósito de combustible

**Fuente:** Autores

Se ubicó en este lugar, debido a que existe una buena disipación del calor puesto que se encuentra sobre el radiador y el electroventilador, los mismos que tienden a enfriar al depósito de combustible.



**Figura 44-4:** Ubicación de los soportes para el depósito de combustible

**Fuente:** Autores

Se implementó canales en el depósito de combustible, los mismos que servirán para fijar el depósito en la base construida en el prototipo mediante correas de sujeción, como se muestra en la figura 45-4.



**Figura 45-4:** Canales para la fijación del depósito de combustible

**Fuente:** Autores

#### 4.2.3.9. *Instalación del sistema de baja presión*

Una vez ubicado el depósito de combustible en el lugar apropiado, se procedió a realizar la adecuada conexión eléctrica de la bomba de combustible. Se realizó la conexión de las cañerías de entrada y salida de combustible entre el depósito y el carburador, las cuales son fijadas con sus respectivas abrazaderas.



**Figura 46-4:** Instalación de los elementos de baja presión

**Fuente:** Autores

## CAPÍTULO V

### 5. PRUEBAS

Para verificar la calidad de la soldadura se realizan las siguientes pruebas:



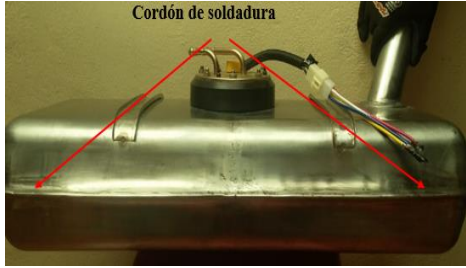


#### 5.1. Inspección Visual

Una soldadura para calificarse como aceptable deben satisfacer los siguientes requisitos: (Sociedad Americana de Soldadura, 2000)

- Todos los cráteres deben estar llenos completamente en la sección transversal de la soldadura.
- La cara de la soldadura debe estar llena hasta el borde de la superficie del metal base y la soldadura se debe fundir lentamente con el metal base.
- El socavado no debe exceder de 1/32 Pulg (1 mm).
- El refuerzo de la soldadura no deberá exceder de 1/8 Pulg (3mm).
- La raíz de la soldadura debe ser inspeccionada y no debe tener evidencia de grietas, fusión incompleta o penetración inadecuada de la junta.
- Se permite una raíz de superficie cóncava dentro de los límites descritos presentados abajo, de tal manera que el espesor total de la soldadura sea igual o mayor que el del metal base.
- La máxima concavidad de la superficie de la raíz debe ser de 1/16 Pulg (1.6mm) y el máximo sobre espesor debe ser 1/8 (3mm).
- La profundidad de socavado no es sujeto de inspección y no requiere medición. (Sociedad Americana de Soldadura, 2000)





**Tabla 1-5:** Ensayo por Inspección Visual

<b>Informe de Ensayo por Inspección Visual</b>	
<b>Proyecto:</b> Depósito de Combustible	
<b>Fecha de ensayo:</b> 14 de Junio del 2018	
<b>Área Examinada</b>	<b>Interpretación</b>
	El cordón de soldadura tiene una longitud de 100 mm, en el cual se observa que no presenta discontinuidad, porosidad y fusión incompleta o penetración inadecuada de las juntas en la soldadura. Por lo tanto el cordón de soldadura es aceptable, debido a que cumple con las especificaciones del código AWS D1.1.
	El cordón de soldadura tiene una longitud de 600 mm, en el cual se observa que no presenta discontinuidad, porosidad y fusión incompleta o penetración inadecuada de las juntas en la soldadura. Por lo tanto el cordón de soldadura es aceptable.
	El cordón de soldadura tiene una longitud de 600 mm, en el cual se observa que no presenta discontinuidad, porosidad y fusión incompleta o penetración inadecuada de las juntas en la soldadura. Por lo tanto, el cordón de soldadura es aceptable.
	El cordón de soldadura tiene una longitud de 250 mm, en el cual se observa que no presenta discontinuidad, porosidad y fusión incompleta o penetración inadecuada de las juntas en la soldadura; así también el cordón de cumple con las especificaciones del código AWS D1.1.

Fuente: Autores



**Tabla 2-5 (Continúa):** Ensayo por Inspección Visual

	<p>El cordón de soldadura tiene una longitud de 250 mm, en el cual se observa que no presenta discontinuidad, porosidad y fusión incompleta o penetración inadecuada de las juntas en la soldadura; así también el cordón de cumple con las especificaciones del código AWS D1.1.</p>
	<p>El cordón de soldadura tiene una longitud de 150 mm, en el cual se observa que no presenta discontinuidad, porosidad y fusión incompleta o penetración inadecuada de las juntas en la soldadura.</p>

Fuente: Autores

## 5.2. Prueba térmica del depósito de combustible

Debido a la ubicación de depósito cerca de motor, se requiere realizar una prueba de térmica, para verificar que la temperatura del motor no afecte al depósito de combustible.

La prueba térmica se realizó utilizando una Cámara Termográfica con las siguientes características:

**Tabla 3-5:** Características de la Cámara Termográfica

Características	
Modelo:	Flir E5
Resolución Ir:	120 x 90
Resolución MSX:	320 x 240
Sensibilidad térmica:	< 0,10°C
Campo de visión:	45° x 34 °
Enfoque:	Automático
Detector:	Microbolómetro no refrigerado
Pantalla:	3,0 in
LCD en color:	320 x 240
Frecuencia de imágenes:	9 Hz

Fuente: Autores

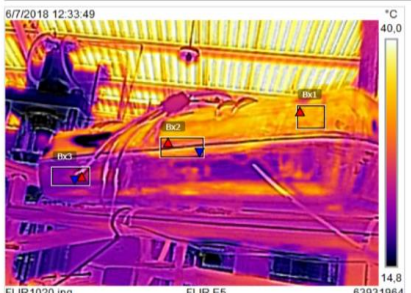

La prueba térmica permite verificar la temperatura que emite el motor Isuzu 2000 cc del prototipo hacia el depósito de combustible en los puntos más críticos.

**Tabla 4-5:** Prueba térmica del depósito de combustible

<b>Prueba térmica del depósito de combustible</b>																							
<b>Proyecto:</b> Depósito de Combustible																							
<b>Fecha de ensayo:</b> 29 de Junio del 2018																							
<b>Área Examinada</b>	<b>Interpretación</b>																						
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="2">Medidas</td> </tr> <tr> <td>Bx1</td> <td>Max 89,6 °C</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Parámetros</td> </tr> <tr> <td>Emisividad</td> <td>0,95</td> </tr> <tr> <td>Temp. refl.</td> <td>23 °C</td> </tr> </table> 	Medidas		Bx1	Max 89,6 °C	Parámetros		Emisividad	0,95	Temp. refl.	23 °C	<p>Para verificar que la temperatura del depósito de combustible sea la indicada al momento de tomar la lectura con la cámara Termográfica, se procedió a mantener encendido el motor, hasta que alcance la temperatura óptima de trabajo a 3000 rpm. Se observa que la temperatura máxima que alcanzó el motor es de 89,6 °C.</p>												
Medidas																							
Bx1	Max 89,6 °C																						
Parámetros																							
Emisividad	0,95																						
Temp. refl.	23 °C																						
	<p>Después de obtener la temperatura máxima del motor, se procedió a tomar capturas térmicas con la cámara al depósito de combustible.</p>																						
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="2">Medidas</td> </tr> <tr> <td>Bx1</td> <td>Max 35,0 °C</td> </tr> <tr> <td>Bx2</td> <td>Max 32,6 °C</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Min 22,0 °C</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Average 24,4 °C</td> </tr> <tr> <td>Bx3</td> <td>Max 31,4 °C</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Min 21,3 °C</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Average 26,0 °C</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Parámetros</td> </tr> <tr> <td>Emisividad</td> <td>0,85</td> </tr> <tr> <td>Temp. refl.</td> <td>23 °C</td> </tr> </table> 	Medidas		Bx1	Max 35,0 °C	Bx2	Max 32,6 °C		Min 22,0 °C		Average 24,4 °C	Bx3	Max 31,4 °C		Min 21,3 °C		Average 26,0 °C	Parámetros		Emisividad	0,85	Temp. refl.	23 °C	<p>Con la cámara Termográfica se procedió a tomar lecturas térmicas desde la parte superior del depósito de combustible, en el cual se observa que la temperatura máxima que alcanzó el depósito es de 35 °C.</p>
Medidas																							
Bx1	Max 35,0 °C																						
Bx2	Max 32,6 °C																						
	Min 22,0 °C																						
	Average 24,4 °C																						
Bx3	Max 31,4 °C																						
	Min 21,3 °C																						
	Average 26,0 °C																						
Parámetros																							
Emisividad	0,85																						
Temp. refl.	23 °C																						

Fuente: Autores

**Tabla 5-5 (Continúa): Prueba térmica del depósito de combustible**

<p>Medidas</p> <table border="1"> <tr><td>Bx1</td><td>Max</td><td>34,0 °C</td></tr> <tr><td>Bx2</td><td>Max</td><td>32,9 °C</td></tr> <tr><td></td><td>Min</td><td>23,4 °C</td></tr> <tr><td></td><td>Average</td><td>28,5 °C</td></tr> <tr><td>Bx3</td><td>Max</td><td>24,5 °C</td></tr> <tr><td></td><td>Min</td><td>21,0 °C</td></tr> <tr><td></td><td>Average</td><td>22,6 °C</td></tr> </table> <p>Parámetros</p> <table border="1"> <tr><td>Emisividad</td><td>0,85</td></tr> <tr><td>Temp. refl.</td><td>23 °C</td></tr> </table>	Bx1	Max	34,0 °C	Bx2	Max	32,9 °C		Min	23,4 °C		Average	28,5 °C	Bx3	Max	24,5 °C		Min	21,0 °C		Average	22,6 °C	Emisividad	0,85	Temp. refl.	23 °C		<p>Luego se tomó lecturas térmicas desde la parte frontal del depósito de combustible, el mismo que alcanzó una temperatura máxima de 34 °C en el punto más crítico.</p>
Bx1	Max	34,0 °C																									
Bx2	Max	32,9 °C																									
	Min	23,4 °C																									
	Average	28,5 °C																									
Bx3	Max	24,5 °C																									
	Min	21,0 °C																									
	Average	22,6 °C																									
Emisividad	0,85																										
Temp. refl.	23 °C																										
<p>Medidas</p> <table border="1"> <tr><td>Bx1</td><td>Max</td><td>24,2 °C</td></tr> <tr><td>Bx2</td><td>Max</td><td>26,1 °C</td></tr> <tr><td></td><td>Min</td><td>22,2 °C</td></tr> <tr><td></td><td>Average</td><td>22,7 °C</td></tr> <tr><td>Bx3</td><td>Max</td><td>23,9 °C</td></tr> <tr><td></td><td>Min</td><td>20,1 °C</td></tr> <tr><td></td><td>Average</td><td>21,6 °C</td></tr> </table> <p>Parámetros</p> <table border="1"> <tr><td>Emisividad</td><td>0,85</td></tr> <tr><td>Temp. refl.</td><td>23 °C</td></tr> </table>	Bx1	Max	24,2 °C	Bx2	Max	26,1 °C		Min	22,2 °C		Average	22,7 °C	Bx3	Max	23,9 °C		Min	20,1 °C		Average	21,6 °C	Emisividad	0,85	Temp. refl.	23 °C		<p>Al finalizar se tomó lecturas térmicas en la parte inferior del depósito de combustible, en el cual se observa que la temperatura máxima es de 24,2 °C. En la parte inferior del depósito de combustible la temperatura es menor, debido a que está ubicado sobre el sistema de refrigeración (radiador y electroventilador).</p>
Bx1	Max	24,2 °C																									
Bx2	Max	26,1 °C																									
	Min	22,2 °C																									
	Average	22,7 °C																									
Bx3	Max	23,9 °C																									
	Min	20,1 °C																									
	Average	21,6 °C																									
Emisividad	0,85																										
Temp. refl.	23 °C																										

Fuente: Autores

Al concluir las pruebas térmicas se observa que el depósito de combustible no alcanza temperaturas elevadas y cumple con las condiciones de ubicación de la norma INEN 2311.

Por precaución se procedió a recubrir con una tela térmica, la cual sirve para mantener aislado al depósito combustible de los cambios repentinos de temperatura del medio en que se encuentre.



**Figura 1-5:** Recubrimiento del depósito de combustible con tela térmica

Fuente: Autores

### 5.3. Ensayos de Tintas Penetrantes

Para los ensayos de tintas penetrantes se realizó conforme a las especificaciones de la norma ASTM E 165 – 95 y Norma AWS D1.1., que especifica el procedimiento y criterios de aceptación para el cordón de soldadura.

### 5.3.1. Criterios de Aceptación

Para la aceptación del cordón de soldadura después de realizar el ensayo de tintas penetrante se debe tomar a consideración lo descrito en la Norma AWS D1.1.

- No debe tener discontinuidades que excedan 1/8 Pulg. (3mm) medida en cualquier dirección sobre la superficie.
- Las muestras con grietas en el borde que exceden ¼ Pulg. (6mm) con evidencia de que no hay inclusiones de escoria u otras discontinuidades por falta de fusión, deben ser descartadas y reemplazadas por otras de la misma junta soldada (Sociedad Americana de Soldadura, 2000)

### 5.3.2. Equipos, Herramientas y Materiales

Los Equipos, Herramientas y Materiales a utilizar para este ensayo son los siguientes:

**Tabla 6-5:** Tintas Penetrantes de 500 mml

<b>Materiales (Tintas Penetrantes de 500 mml)</b>	<b>Descripción</b>
KD-CHECK SD-1 (Desarrollador Húmedo)	Son fluidos que permiten la de detección de grietas y poros en la superficie.
KD-CHECK PR-1 (Limpiador)	
KD-CHECK RDP-1 (Penetrante Seco Rojo)	

**Fuente:** Autores



**Figura 2-5:** Tintas Penetrantes de 500 mml

**Fuente:** Autores

**Tabla 7-5:** Equipos/ herramientas para el Ensayos de Tintas Penetrantes

Equipos/ herramientas	
Regla	Lija N° 1000
Cepillo de Acero	Paño de tejido suave

Fuente: Autores

5.3.3. *Informe de Ensayos de Tintas Penetrantes en el Depósito de Combustible*

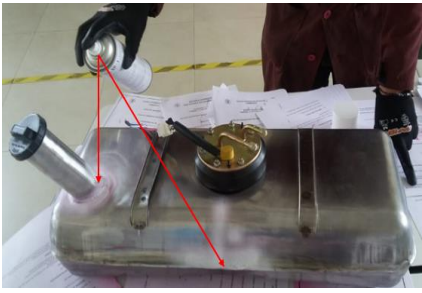

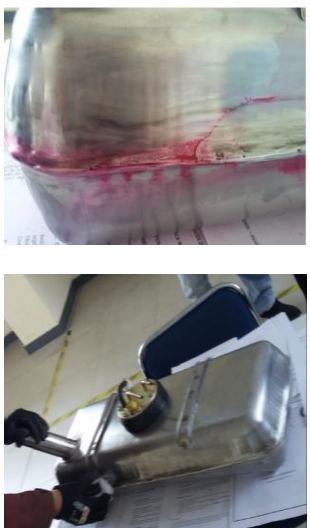
**Tabla 8-5:** Ensayos de Tintas Penetrantes en el Depósito de Combustible

Informe de Ensayos de Tintas Penetrantes en la Soldadura	
<b>Proyecto:</b> Depósito de Combustible	
<b>Fecha de ensayo:</b> 2 de Agosto del 2018	
<b>Área Examinada</b>	<b>Interpretación</b>
	Para realizar el ensayo de Tintas penetrantes se debe limpiar el cordón de soldadura, utilizando un cepillo de acero, lija N° 1000 hasta obtener una superficie uniforme y libre de escoria.
	Después se procede a aplicar la Tinta KD-CHECK PR-1 (Limpiador), el cual deja libre de impurezas a la superficie de soldadura, y se termina la limpieza utilizando un paño de tejido suave.
	Al concluir la limpieza se procede a aplicar el líquido KD-CHECK RDP-1 (Penetrante Seco Rojo), el cual se introduce en las grietas de la soldadura en caso de que exista.  Después de haber sido aplicado el líquido KD-CHECK RDP-1 se debe esperar 20 minutos, antes de proceder a aplicar el líquido Desarrollador Húmedo, para que pueda ingresar hasta el fondo de la grieta.

Fuente: Autores



**Tabla 9-5 (Continúa):** Ensayos de Tintas Penetrantes en el Depósito de Combustible

	<p>Después de esperar los 20 minutos, se precede a aplicar el líquido KD-CHECK SD-1 (Desarrollador Húmedo), el cual es el encargado de revelar los agrietamientos del cordón de soldadura.</p>
 <p>Cordón de soldadura</p>	<p>Una vez aplicado las Tintas penetrantes, en caso de que existan agrietamientos, discontinuidades en la soldadura se observa el agrietamiento con puntos de color rojo.</p> <p>En el cordón de soldadura, se observa que no presenta agrietamiento, fisuras, ni discontinuidad, por lo tanto el cordón de soldadura es aceptable, por que cumple con las especificaciones de las Normativas ASTM E165-95 y AWS D1.1.</p>
	<p>Para concluir con el ensayo de líquidos penetrante, se aplica el líquido limpiador en un paño de tejido, para quitar los residuos sobrantes de las tintas penetrantes.</p>

Fuente: Autores

5.3.4. *Informe de Ensayos de Tintas Penetrantes en la Estructura del habitáculo*

**Tabla 10-5:** Ensayos de Tintas Penetrantes en la Estructura del habitáculo

<b>Informe de Ensayos de Tintas Penetrantes en la Soldadura</b>	
<b>Proyecto:</b> Reforzamiento de la estructura del habitáculo	
<b>Fecha de ensayo:</b> 14 de Agosto del 2018	
<b>Área Examinada</b>	<b>Interpretación</b>
	Para realizar el ensayo de Tintas penetrantes en los cordones de soldadura de la estructura, se debe limpiar el cordón, utilizando un disolvente de pintura, cepillo de acero y lija N° 200 hasta obtener una superficie uniforme y libre de escoria.
	Después se procede a aplicar la Tinta KD-CHECK PR-1 (Limpiador), el cual deja libre de impurezas a la superficie de soldadura, y se termina la limpieza utilizando un paño de tejido suave.
	Al concluir la limpieza se procede a aplicar el líquido KD-CHECK RDP-1 (Penetrante Seco Rojo), el cual se introduce en las grietas de la soldadura en caso de que exista.  Después de haber sido aplicado el líquido KD-CHECK RDP-1 se debe esperar 20 minutos, antes de proceder a aplicar el líquido Desarrollador Húmedo, para que pueda ingresar hasta el fondo de la grieta.

Fuente: Autores

**Tabla 11-5 (Continúa):** Ensayos de Tintas Penetrantes en la Estructura del habitáculo

	<p>Al pasar los 20 minutos, se precede a aplicar el líquido KD-CHECK SD-1 (Desarrollador Húmedo), el cual es el encargado de mostrar los agrietamientos del cordón de soldadura.</p>
	<p>Una vez aplicado las Tintas penetrantes, en caso de que existan fisuras, poros y discontinuidades en el cordón de soldadura, se observara con puntos de color rojo.</p>
	<p>En el cordón de soldadura, se observa que no presenta agrietamiento, fisuras, pero existe una mínima discontinuidad del cordón menor a 3mm, por lo tanto el cordón de soldadura es aceptable, ya que cumple con las especificaciones de las Normativas ASTM E165-95 y AWS D1.1.</p>
	<p>Para concluir con el ensayo de líquidos penetrante, se aplica el líquido limpiador en un paño de tejido suave, para quitar los residuos sobrantes.</p>
	<p>Después de haber concluido el ensayo de tintas penetrantes se procedió a pintar las zonas que se desarrolló el ensayo.</p>

Fuente: Autores



## CAPÍTULO VI

### 6. COSTOS EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO

Al realizar el trabajo de titulación se tomó en cuenta los costos directos e indirectos que incidieron en las etapas del reforzamiento de la estructura del habitáculo y la construcción e implementación del depósito de combustible en el prototipo.

#### 6.1. Costos directos

Los costos directos son aquellos gastos que influyen directamente en el proyecto de titulación, como la materia prima y la mano de obra.

**Tabla 1-6:** Costos directos

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio por unidad (USD)</b>	<b>Precio total (USD)</b>
5	Tubos de acero ASTM A 500 de 38 mm de diámetro por 4 mm	15,00	75,00
1	Plancha de acero inoxidable AISI 304 de 1219 mm de ancho por 2438 largo mm	150,00	150,00
1	Tubo de acero inoxidable de 50 mm de diámetro	25,00	25,00
1	Patina de acero de 20 mm por 2 mm de espesor	5,00	5,00
1	Lubricante	5,00	5,00
1	Bomba de combustible HENKO (0.8 bar de presión)	25,00	25,00
1	Carcasa de la bomba de combustible	60,00	60,00
2	Tapones de Neopreno	3,00	6,00
1	Soporte mecanizado de Neopreno para la Bomba de combustible	40,00	40,00
1	Tapa para la boca de llenado	25,00	25,00
1	Junta Tórica	3,00	3,00
2	Mangueras de combustible	3,00	6,00

Fuente: Autores

**Tabla 2-6 (Continúa): Costos directos**

11	Pernos	0,50	5,50
4	Abrazaderas	1,00	4,00
1	Tapón de drenaje	3,00	3,00
2	Correas de seguridad	10,00	20,00
1	Tela térmica	100,00	100,00
5	Discos de corte	1,50	7,50
2	Discos de pulir	2,00	4,00
1	Soldadura MIG	50,00	50,00
1	Soldadura TIG	150,00	150,00
1	Pintura automotriz naranja	10,00	10,00
1	Thinner	4,00	4,00
5	Lijas	0,50	2,50
2	Equipos de protección personal	50,00	100,00
<b>Total</b>			<b>885,50</b>

Fuente: Autores

**6.2. Costos indirectos**

Son los costos que no son medibles ni cuantificables y no influyen directamente en el trabajo de titulación, pero igualmente se toma en cuenta en el proceso del mismo.

**Tabla 3-6: Costos indirectos**

Descripción	Pecio total (USD)
Trasporte	160,00
Imprevistos	150,00
Documentación e investigación	300,00
Otros	400,00
<b>Total</b>	<b>1010,00</b>

Fuente: Autores

### 6.3. Costo total

**Tabla 4-6:** Costo total

<b>Descripción</b>	<b>Precio (USD)</b>
Costos directos	885,50
Costos indirectos	1010,00
<b>Costos total</b>	<b>1895,50</b>

**Fuente:** Autores

## CAPÍTULO VII

### 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 7.1. Conclusiones

En el software Ansys se modeló y diseñó la estructura del habitáculo del Vehículo Híbrido Tipo Buggy 4x4, y mediante la aplicación de la distribución de cargas descritas en la R.F.E de A., se identificó la posición adecuada de los refuerzos hasta obtener un factor de seguridad estático mayor a 2, el cual garantiza la construcción.

Se moldeó y diseñó el depósito de combustible en el software CAD (SolidWorks), utilizando las especificaciones de la normativa 2310 y la fórmula SAE, obteniendo un depósito de 22 litros de almacenamiento.

Mediante el software Ansys se realizó un análisis de presión y de resistencia del flujo del fluido en el depósito de combustible. Este análisis permite comprobar que el material y el diseño son óptimos para la construcción.

Se reforzó la estructura del habitáculo de acuerdo a los planos del diseño, los cuales están basados en las especificaciones del reglamento de la R.F.E.d.A., así también se seleccionó el mismo material que fue construida la estructura del prototipo Acero ASTM A 500 grado B de 38 mm de diámetro por 4 mm de espesor para el reforzamiento de la estructura del habitáculo, ya que este material es apropiado para la construcción de estructuras de acuerdo a la Norma INEN 1323 de Homologación de Estructuras Carroceras.

Debido a los planos del diseño y requerimientos del sistema de alimentación del motor se realizó la embutición de 4 moldes de las mismas dimensiones, para después cortar y soldar con proceso de soldadura TIG, con el fin de obtener el molde final del depósito de combustible con las dimensiones de ancho 250 mm, largo 600 mm y 75 mm de profundidad, el cual es el apropiado para las dimensiones del chasis y satisface los requerimientos de alimentación del motor.

Los elementos seccionados para el sistema de alimentación del motor trabajan perfectamente, ya que la bomba de combustible seleccionada proporciona el caudal y presión adecuada para el motor Isuzu 2000 cc a carburación del prototipo.

Se realizó el ensayo de tintas penetrantes a la soldadura del depósito de combustible y de los refuerzos del habitáculo utilizando las especificaciones del código para Soldadura Estructural Acero (ANSI/AWS D1.1.), obteniendo como resultado que los cordones de soldadura del depósito

de combustible y de la estructura del habitáculo del prototipo no poseen ningún tipo de discontinuidad, grietas, fisuras y poros, por lo tanto son 100 % aceptable y seguro, así obteniendo un depósito de combustible hermético para almacenar la gasolina y un reforzamiento óptimo de la estructura del habitáculo el cual garantiza la seguridad de los ocupantes del prototipo.

## **7.2. Recomendaciones**

En todos los trabajos a realizar se deben considerar las respectivas normas o reglamentos para el diseño y selección del material, para posteriormente realizar los respectivos análisis y saber si es factible su construcción.

Se debe continuar con la construcción e implementación de los elementos faltantes en el VEHÍCULO HÍBRIDO TIPO BUGGY BIPLAZA 4X4, pero realizado los respectivas pruebas y análisis.

Se debe considerar la disponibilidad de las máquinas, herramientas y del material, antes de realizar los respectivos diseños, para de esta manera saber si es posible realizar su construcción.

El depósito de combustible debe mantenerse lleno e impedir que la bomba de combustible funcione en seco, de esta manera evitar que puedan sufrir futuros daños y reducir la vida útil de la misma.

## BIBLIOGRAFÍA

**ALONSO PÉREZ, J. M.** *Técnicas del Automóvil*. Madrid-España: Paraninfo, 2010. 978-84-9732-661-2, pp.40-80

**ALTOS HORNOS DE MÉXICO.** *Manual de Diseño para la Construcción con Acero*. Monclova: AHMSA, 2013, 10-40.

**ANSYS.** “Lecture 07 Mesh Quality”. *Ansys 14.5* [en línea], 2013, (United State of America), pp. 2-17. [Consulta: 4 junio 2018]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/286040015/CFD-Pro-14-5-L07-Mesh-Quality>.

**ANSYS.** “Fluidos”. *CFX* [en línea], 2018, (United State of America). [Consulta: 7 julio 2018]. Disponible en: <https://www.ansys.com/products/fluids/ansys-cfx>.

**ARIAZ - PAZ, M.** *Manual de Automóviles*. 55ª ed. Madrid- España: Dossat 2000 S.L, 2004. 84-86656-58-4.

**AUTOBODY MAGAZINE.** “Tanque de combustible”. *Información Estratégica para los sectores asegurador y reparador* [en línea], 2014, (México). [Consulta: 05 abril 2018]. Disponible en: [http://www.autobodymagazine.com.mx/abm\\_previo/2014/10/tanque-de-combustible3/](http://www.autobodymagazine.com.mx/abm_previo/2014/10/tanque-de-combustible3/).

**BUDYNAS, R. G. & KEITH NISBETT, J.** *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. 8a ed. Monterrey-México: McGRAW-HILL, 2008, pp. 17-24.

**CARBONE STAINLESS STEEL.** “Ficha técnica del acero inoxidable”. Carbone [en línea], 2018, (Panamá), pp.1-2. [Consulta: 15 mayo 2018]. Disponible en: <https://www.empresacarbhone.com/pdf/ficha-tecnica-del-acero-inoxidable.pdf>.

**CASCAJOSA, M.** *Ingeniería de vehículo - Sistemas y Cálculos*. Madrid-España: Tebar, 2000, pp. 60-120.

**CASCAJOSA, M.** *Ingeniería de vehículo - Sistemas y Cálculos*. 2ª ed. Madrid-España: Tebar, 2005, pp. 30-80.

**CENDI.** *Acero Inoxidable*. San Luis Potosí-México: CENDI, 2002, pp. 2-16.

**COPRO.** “Construcción de tanque de combustible”. *Tanque de combustible* [en línea], 2016, (Argentina). [Consulta: 16 abril 2018]. Disponible en: [http://copro.com.ar/Tanque\\_de\\_combustible.html](http://copro.com.ar/Tanque_de_combustible.html).

**EAGLE NATIONAL STEEL.** “ASTM A 500 Steel”. *3GEdigital* [en línea], 2017, (United State of America). [Consulta: 04 octubre 2017]. Disponible en: [https://eaglesteel.com/wp-content/uploads/2016/04/ASTM\\_A500\\_Grade\\_B.pdf](https://eaglesteel.com/wp-content/uploads/2016/04/ASTM_A500_Grade_B.pdf).

**FAVELA, CARLOS; et al.** *Selección de materiales para rompeolas de autotanques que transportan combustibles líquidos*. Guanajuato-México: Sanfandila, 2006. 0188-7297, pp. 7-50.

**FÍSICA PRÁCTICA.** “Presión hidrostática”. *Hidráulica* [en línea], 2007, (España). [Consulta: 9 agosto 2018]. Disponible en: <https://www.fisicapractica.com/presion-hidrostatica.php>.

**FÓRMULA SAE.** “Reglas de Fórmula SAE”. *SAE International* [en línea], 2013, (United State of America), pp. 82-87. [Consulta: 17 junio 2018]. Disponible en: <http://students.sae.org/competitions/formulaseries/rules/2013fsaerules.pdf>.

**GARCÍA, PEDRO; et al.** “Cálculo del embutido rectangular empleando el concepto de diámetro equivalente”. *Memorias del 14 congreso internacional anual de la SOMIM*, (2008), (México), pp. 669-678.

**LEAF GROUP.** “De qué están hechos los tanques de gasolina de los vehículos”. *Geniolandia* [en línea], 2018, (United State of America). [Consulta: 15 abril 2018]. Disponible en: <https://www.geniolandia.com/13124635/de-que-estan-hechos-los-tanques-de-gasolina-de-los-vehiculos>.

**GONZÁLEZ, H; MESA, D.** “La importancia del método en la selección de materiales”. *Scientia Et Technica* [en línea], 2015, (Colombia), pp.165-180. [Consulta: 14 abril 2018.] Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84912053029>.

**INDURA.** *Manual Aceros Inoxidables*. Santiago-Chile: 2M, 2010, pp. 4-58.

**NTE INEN 1323:2009.** *Vehículos Automotores. Carrocerías De Buses. Requisitos.*

**NTE INEN 2310:2015.** *Vehículos automotores. Funcionamiento de vehículos con GLP. Equipos para carburación dual GLP/gasolina o solo GLP en motores de combustión interna. Requisitos.*

**NTE INEN 2311:2008.** *Vehículos automotores. Funcionamiento de vehículos con GLP. Conversión de motores de combustión interna con sistema de carburación de gasolina por carburación dual GLP/gasolina o solo GLP. Requisitos.*

**ITEA.** *Estructuras Tubulares*: 15ª ed. París-Francia: ITEA, 2010, pp. 3-5.

**ITALUMINIO.** “Acero Inoxidable 304”. *Ficha técnica del producto* [en línea], 2018, (Colombia). [Consulta: 15 mayo 2018]. Disponible en: <https://italuminio.com.co/catalogos/SS304-ficha.pdf>.

**MALUQUER, J; et al.** *Manual del Técnico Matricero*. Barcelona-España: José Montesó, 1977. 9788471861443.

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR.** “Circuito de alimentación de combustible”. *Manual ING* [en línea], 2013, (Guatemala). [Consulta: 16 abril 2018]. Disponible en: <http://biblio3.url.edu.gt/Publi/Libros/2013/ManualesIng/02/28/05.pdf>.

**MECÁNICA Y MOTORES.** “Tipos de chasis para autos”. *Chasis* [en línea], 2013, (España). [Consulta: 17 abril 2017]. Disponible en: <http://www.mecanicaymotores.com/tipos-de-chasis-para-autos.html>.

**MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS.** *Reglamento a Ley de Transporte Terrestre Transito y Seguridad Vial*. Quito-Ecuador: MTOP, 2012, pp. 50-60.

**ORTIZ, A; et al.** *Modelado de Procesos de Manufactura*. Coyoacán-México: Udiatem, 2013. 978-607-02-4692-0, pp. 57-85.

**ROJAS, O; ROJAS, L.** “Diseño asistido por computador”. *Diseño y Tecnología* [en línea], 2006, (Perú), pp. 1-9. [Consulta: 14 junio 2017]. Disponible en: [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/indata/vol9\\_n1/a02.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/indata/vol9_n1/a02.pdf).

**REAL FEDERACIÓN ESPAÑOLA DEL AUTOMOVILISMO.** “Reglamento de Homologación de Estructuras de Seguridad ante la R.F.E.d.A.”, *Reglamento Homologación ES* [en línea], 2017, (España), pp. 1-11. [Consulta: 14 junio 2017]. Disponible en: <https://www.rfeda.es/documents/20185/776060/RH+ES+RFEA>.

**REAL FEDERACIÓN ESPAÑOLA DEL AUTOMOVILISMO.** “Reglamento de Homologación de Estructuras de Seguridad ante la R.F.E.d.A.”, *Anexo J* [en línea], 2017, (España), pp. 1-33. [Consulta: 14 junio 2017]. Disponible en: <http://www.eaf-fva.net/2017/Novedades%20Anexo%20J%202017.pdf>.

**RIBA ROMEVA, C.** *Diseño concurrente*. Barcelona-España: UPC, 2002. 84-8301-598-6, pp. 35-70.

**RODRÍGUEZ, P.** *Manual de Soldadura (Soldadura Eléctrica, MIG y TIG)*. Buenos Aires-Argentina: Alsina, 2001. 950-553-095-1.



**SALINAS, R.** “Así nació el buggy original”. *Coches 4x4* [en línea], 2015, (España). [Consulta: 30 de agosto 2017]. Disponible en: <http://www.autobild.es/reportajes/asi-nacio-buggy-original-una-historia-fascinante-252629>.

**SÁNCHEZ, C.** “El vehículo como elemento de seguridad vial”. *La seguridad activa*. [en línea], 2005, (España). [Consulta: 23 julio 2017]. Disponible en: <http://autoescuela-valleaguado.com.es/wp-content/uploads/2014/05/SEGURIDAD-ACTIVA-Y-PASIVA.pdf>.

**SCI.** “Técnicas y funciones”. *Ensayos no destructivos* [en línea], 2018, (España). [Consulta: 14 junio 2018]. Disponible en: <https://scisa.es/ensayos-no-destructivos-2/>.

**SGS.** “Ensayos mecánicos”. *Ensayo de materiales* [en línea], 2008, (España). [Consulta: 20 junio 2018]. Disponible en: <https://www.sgs.es/-/media/local/spain/documents/brochures/ensayo-de-materiales.pdf>.

**SOCIEDAD AMERICANA DE SOLDADURA.** *Código para Soldadura Estructural- Acero (ANSI/AWS D1.1.)*. Miami- United State of America: AWS, 2000, pp. 10-30.

**SOLOBUGGYS.** “Que es un Buggy”. *Buggy* [en línea], 2014, (México). [Consulta: 25 abril 2018]. Disponible en: <http://www.solobuggys.com/noticias/2014/01/que-es-un-buggy-y-cuales-son-sus-principales-caracteristicas/>.

**TECVOLUCIÓN.** “Qué es un motor híbrido”. *Motor* [en línea], 2017, (United State of America). [Consulta: 25 abril 2018]. Disponible en: <https://tecvolucion.com/que-es-un-motor-hibrido-y-que-tipos-hay/>.

# PLANOS