



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR Y SISTEMAS  
MECÁNICOS DE UN VEHÍCULO MONOPLAZA PARA LA  
MOVILIDAD DE PERSONAS EN SILLA DE RUEDAS”**

**CURISACA CRUZ JHONN ISRAEL**  
**LÓPEZ ZAMBRANO DAMIÁN EUCLIDES**

**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:

**CURISACA CRUZ JHONN ISRAEL**

---

Titulado:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR Y SISTEMAS MECÁNICOS  
DE UN VEHÍCULO MONOPLAZA PARA LA MOVILIDAD DE PERSONAS  
EN SILLA DE RUEDAS”**

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. Milton Israel Quinga Morales  
**DIRECTOR TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

Ing. Vicente Javier Romero Hidalgo  
**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:

**LÓPEZ ZAMBRANO DAMIÁN EUCLIDES**

---

Titulado:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR Y SISTEMAS MECÁNICOS  
DE UN VEHÍCULO MONOPLAZA PARA LA MOVILIDAD DE PERSONAS  
EN SILLA DE RUEDAS”**

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. Milton Israel Quinga Morales  
**DIRECTOR TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

Ing. Vicente Javier Romero Hidalgo  
**ASESOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

## EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** CURISACA CRUZ JHONN ISRAEL

**TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:** “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR Y SISTEMAS MECÁNICOS DE UN VEHÍCULO MONOPLAZA PARA LA MOVILIDAD DE PERSONAS EN SILLA DE RUEDAS”

**Fecha de Examinación:** 2018-10-29

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Milton Israel Quinga Morales <b>DIRECTOR</b>			
Ing. Vicente Javier Romero Hidalgo <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:** LÓPEZ ZAMBRANO DAMIÁN EUCLIDES

**TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:** “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR Y SISTEMAS MECÁNICOS DE UN VEHÍCULO MONOPLAZA PARA LA MOVILIDAD DE PERSONAS EN SILLA DE RUEDAS”

**Fecha de Examinación:** 2018-10-29

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Milton Israel Quinga Morales <b>DIRECTOR</b>			
Ing. Vicente Javier Romero Hidalgo <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 **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR Y SISTEMAS MECÁNICOS DE UN VEHÍCULO MONOPLAZA PARA LA MOVILIDAD DE PERSONAS EN SILLA DE RUEDAS”** que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación técnica 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.

---

**Curisaca Cruz Jhonn Israel**

Cédula de Identidad: 172111204-1

---

**López Zambrano Damián Euclides**

Cédula de Identidad: 050380220-9

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Nosotros, Curisaca Cruz Jhonn Israel y López Zambrano Damián Euclides, declaramos que el presente trabajo presentado es de nuestra autoría y los resultados alcanzados en los diferentes análisis son auténticos y son únicos en cuanto al estudio realizado en el presente trabajo. En la parte investigativa se utilizaron textos y figuras de varios autores los cuales han sido referenciados y citados correctamente. Somos conscientes del hecho de no respetar derechos de autoría y hacer plagio, por lo tanto, asumimos con gran responsabilidad de cualquier irregularidad presentada por el incumplimiento de lo declarado.

---

**Curisaca Cruz Jhonn Israel**

Cédula de Identidad: 172111204-1

---

**López Zambrano Damián Euclides**

Cédula de Identidad: 050380220-9

## **DEDICATORIA**

Le dedico el presente trabajo a Dios por darme la vida, salud y sabiduría para cumplir con mis metas, por bendecirme en cada momento y decisión tomada, por darme la fortaleza necesaria para vencer cualquier obstáculo. De todo corazón a mi padre Manuel la persona más importante en mi vida, que con su ejemplo de trabajo, responsabilidad y perseverancia me ha guiado por el camino del bien, a mi madre Anita que desde el cielo me ha bendecido, a mis abuelitos Amparito, Segundo, Isabel y Manuel por sus sabios consejos y a mis hermanos Jorge y Sebastián. Con mucho cariño a mis tíos Thomas, Juanita, Rosita, Isabel, Juan, Mercedes y Jorgito por su apoyo incondicional y a toda mi familia.

**Curisaca Cruz Jhonn Israel**

El presente trabajo va dedicado a mis padres y hermanos quienes son el pilar fundamental de mi vida, me han acompañado y brindado su apoyo incondicional en cada triunfo, derrota, tristeza y alegría. A Dios y la Virgencita de Baños que me cuidaron y guiaron para llegar a mi meta. A mí querida abuelita Elsa que a pesar de no estar físicamente a mi lado sé que siempre me apoyó y apoyará a lo largo de mi vida. Gracias a ustedes soy lo que soy ahora, LES AMO. Además a la querida ESPOCH y a la gloriosa Carrera de Ingeniería Automotriz, que han formado mis conocimientos y valores.

**López Zambrano Damián Euclides**



## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a Dios por darme la salud y sabiduría necesaria para cumplir con la meta de ser un profesional en la Ingeniería Automotriz.

Con todo mi corazón le doy gracias a la persona incondicional y ejemplo en mi vida mi padre, por ser pilar fundamental en mi vida y a quien se lo debo todo, gracias a su esfuerzo ha hecho posible alcanzar esta meta, a mi querida madre quien me enseñó los primeros valores en mi vida de disciplina, respeto y responsabilidad, que desde el cielo siempre me ha guiado para ser una persona de bien.

Gracias a toda mi familia que siempre me han brindado su apoyo incondicional.

Un agradecimiento especial a mis tutores Ing. Milton Quinga e Ing. Vicente Romero por su profesionalismo, quienes nos han aportado con sus conocimientos y tiempo para hacer posible la realización del presente trabajo, y demás profesores quienes han sido parte de mi formación profesional.

Finalmente, gracias a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y a la prestigiosa Carrera de Ingeniería Automotriz por haberme permitido ser parte este tiempo tan importante en mi vida para llegar a cumplir esta tan esperada meta.

**Curisaca Cruz Jhonn Israel**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar a Dios quién fue mi guía a lo largo de este camino de preparación, por darme una maravillosa familia y acompañarme todo el tiempo.

A mi padre Franklin López que me enseñó el valor del trabajo, la libertad, el hacer frente a los problemas y el amor por los suyos, me dio consejos que han ido formando mi vida. Gracias PAPÁ.

A mi querida madre Jeanneth Zambrano quien me dio la vida, me mimó, me corrigió pero siempre me amó. Todo lo que soy es por ti mamá siempre estaré agradecido contigo, eres la mejor del mundo, Te amo MAMÁ.

A mis hermanos Anderson y Leonel, como no agradecerles si llegaron a ser la alegría del hogar y el mejor regalo que pude haber recibido, a ti Anderson gracias por enseñarme a ser siempre agradecido y poner la mejor actitud para todo y a ti Leonel por recordarme que en el amor de familia está lo mejor de la vida.

A mi madrina María Eugenia, quien siempre será mi mejor amiga, confidente y consejera. Gracias a tus consejos de sabiduría he conseguido muchos triunfos, te quiero mucho madrina.

Y finalmente al resto de mi familia, profesores y amigos, con una mención especial para mis tíos Vinicio, Víctor, Anita López así como también a mi Tía Silvia.

A todos ustedes muchas gracias por formar parte de mi vida de una y otra manera.

**López Zambrano Damián Euclides**

## TABLA DE CONTENIDO

### RESUMEN

### ABSTRACT

### INTRODUCCIÓN

### CAPÍTULO I

#### 1. MARCO REFERENCIAL

1.1.	Antecedentes .....	1
1.2.	Planteamiento del problema .....	1
1.3.	Justificación.....	2
1.3.1.	<i>Justificación teórica</i> .....	2
1.3.2.	<i>Justificación metodológica</i> .....	2
1.3.3.	<i>Justificación Práctica</i> .....	3
1.4.	Objetivos .....	3
1.4.1.	<i>Objetivo general</i> .....	3
1.4.2.	<i>Objetivos específicos</i> .....	3

### CAPÍTULO II

#### 2. MARCO TEÓRICO

2.1	Transporte de personas con discapacidad física.....	4
2.1.1.	<i>Tipos de discapacidad física</i> .....	4
2.1.1.1.	<i>Monoplejia</i> .....	4
2.1.1.2.	<i>Paraplejia</i> .....	5
2.1.1.3.	<i>Cuadriplejia</i> .....	5
2.1.2.	<i>Silla de ruedas</i> .....	5
2.1.3.	<i>Tipos de sillas de ruedas</i> .....	5
2.1.3.1.	<i>Silla de ruedas de uso temporal</i> .....	5
2.1.3.2.	<i>Silla de ruedas de uso permanente</i> .....	6
2.1.3.3.	<i>Silla de ruedas para apoyo postural</i> .....	6
2.1.3.4.	<i>Sillas de ruedas eléctricas</i> .....	7

2.1.4. Usuario de silla de ruedas .....	7
2.2. Bastidor .....	7
2.2.1. Tipos de bastidor.....	8
2.2.1.1. Bastidor en escalera o H.....	8
2.2.1.2. Columna en X.....	9
2.2.1.3. Bastidor perimétrico .....	9
2.2.1.4. Bastidor tubular.....	10
2.2.2. Procesos de soldadura .....	10
2.2.2.1 Soldadura eléctrica con electrodo revestido (SMAW).....	11
2.2.2.2. El electrodo.....	11
2.2.2.3. Soldadura por arco en protección gaseosa (MIG/MAG).....	12
2.2.2.4 Soldadura MIG .....	12
2.2.2.5. Soldadura MAG .....	12
2.2.2.6. El alambre electrodo.....	13
2.2.3. Materiales para la construcción de bastidores.....	13
2.2.3.1. El acero.....	13
2.2.3.2. Aceros al carbono .....	13
2.2.3.3. Aceros de aleación.....	13
2.2.3.4. Acero inoxidable .....	13
2.2.3.5. Acero galvanizado.....	14
2.2.3.6. Acero estructural.....	14
2.2.3.7. Aluminio.....	14
2.3. Sistema de Diseño Asistido por Computador (CAD)/ Ingeniería Asistida por Computador (CAE) .....	15
2.3.1. Sistema CAD .....	15
2.3.2. Sistema CAE.....	15
2.4. Sistemas mecánicos.....	15
2.4.1. Sistema de suspensión.....	16
2.4.1.1. Introducción.....	16

2.4.1.2. Elementos básicos del sistema de suspensión.....	16
2.4.1.3. Suspensión delantera .....	17
2.4.1.4. Suspensión trasera .....	18
2.4.2. Sistema de dirección.....	20
2.4.2.1. Introducción .....	20
2.4.2.2. Elementos de la dirección.....	21
2.4.3. Sistema de frenos.....	23
2.4.3.1. Introducción .....	23
2.4.3.2. Tipos de sistemas de frenos.....	23
2.4.4. Palier o semieje de transmisión .....	24

### **CAPÍTULO III**

#### **3. DISEÑO DEL BASTIDOR Y SISTEMAS MECÁNICOS**

3.1. Diseño del bastidor.....	26
3.1.1. Parámetros de diseño del bastidor.....	26
3.1.2. Alternativas de diseño .....	27
3.1.2.1. Alternativa de modelado 1 .....	27
3.1.2.2. Alternativa de modelado 2 .....	27
3.1.2.3. Análisis de alternativas.....	28
3.1.3. Selección de alternativas de materiales .....	28
3.1.3.1. Criterios de evaluación.....	28
3.1.3.2. Matriz de selección .....	29
3.1.4. Optimización en el diseño del bastidor .....	29
3.1.5. Análisis estático.....	30
3.1.6. Análisis de impacto .....	34
3.2. Diseño de la suspensión .....	36
3.2.1. Suspensión delantera.....	36
3.2.2. Suspensión trasera .....	37
3.2.2.1. Alternativas .....	37
3.2.2.2. Matriz de selección .....	37

3.2.2.3. <i>Diseño de la suspensión trasera</i> .....	38
3.2.2.4 <i>Análisis estático</i> .....	41
3.3 Palier o semieje de transmisión .....	44
3.3.1. <i>Diseño del semieje de transmisión</i> .....	44
3.3.2. <i>Selección del material</i> .....	45
3.3.3. <i>Análisis estático del semieje de transmisión</i> .....	45
3.3.4. <i>Análisis de fatiga</i> .....	48
3.4 Diseño del sistema de acceso .....	50
3.4.1. <i>Parámetros de diseño del sistema de acceso</i> .....	50
3.4.2 <i>Matriz de selección de alternativas</i> .....	50
3.4.3 <i>Dimensionamiento de los elementos que componen el mecanismo de rampa plegable</i> .....	51
3.4.4. <i>Modelado geométrico de los elementos del mecanismo de rampa plegable</i> .....	52
3.4.5. <i>Análisis estático de la rampa</i> .....	54

## **CAPÍTULO IV**

### **4. CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR Y SISTEMAS MECÁNICOS**

4.1. Construcción del bastidor .....	57
4.2. Implementación de la suspensión delantera .....	59
4.3 Construcción de la suspensión trasera .....	59
4.4 Implementación de la dirección .....	62
4.5 Implementación del sistema de frenos .....	63
4.6. Construcción del semieje de transmisión .....	64
4.7. Construcción del sistema de acceso .....	66
4.8 Proceso de pintura .....	68

## **CAPÍTULO V**

### **5. ANÁLISIS DE COSTO Y PRESUPUESTO**

5.1. Costos directos .....	71
5.2 Costos indirectos .....	72
5.3 Costos totales .....	73

## **CAPÍTULO VI**

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

6.1.	Conclusiones .....	74
6.2.	Recomendaciones.....	75
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>1</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-3:</b> Alternativas para la selección de materiales, peso específico .....	28
<b>Tabla 2-3:</b> Matriz de selección de materiales para el bastidor. ....	29
<b>Tabla 3-3:</b> Pesos muertos. ....	31
<b>Tabla 4-3:</b> Valor de cargas que actúan sobre elementos críticos del bastidor.....	32
<b>Tabla 5-3:</b> Características de los sistemas de suspensión .....	37
<b>Tabla 6-3:</b> Matriz de selección de la suspensión trasera .....	37
<b>Tabla 7-3:</b> Matriz de selección del semieje de transmisión .....	45
<b>Tabla 8-3:</b> Matriz de selección del tipo de rampa a diseñar.....	50
<b>Tabla 1-5:</b> Costo de materiales.....	71
<b>Tabla 2-5:</b> Costo de alquiler de equipos.....	72
<b>Tabla 3-5:</b> Costos de mano de obra.....	72
<b>Tabla 4-5:</b> Costos de indirectos.....	72
<b>Tabla 5-5:</b> Costos de total de fabricación del bastidor y sistemas mecánicos del vehículo monoplaza .....	73



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b> Acceso de un usuario de silla de ruedas al transporte público .....	4
<b>Figura 2-2:</b> Silla de ruedas de uso temporal.....	5
<b>Figura 3-2:</b> Silla de ruedas de uso permanente .....	6
<b>Figura 4-2:</b> Silla de ruedas para apoyo postural.....	6
<b>Figura 5-2:</b> Silla de ruedas eléctrica.....	7
<b>Figura 6-2:</b> Bastidor del vehículo .....	8
<b>Figura 7-2:</b> Bastidor en escalera o H .....	8
<b>Figura 8-2:</b> Bastidor de columna en X.....	9
<b>Figura 9-2:</b> Bastidor perimétrico.....	10
<b>Figura 10-2:</b> Bastidor Tubular .....	10
<b>Figura 11-2:</b> Soldadura eléctrica con electrodo revestido (SMAW).....	11
<b>Figura 12-2:</b> Partes de un electrodo .....	11
<b>Figura 13-2:</b> Soldadura con protección gaseosa .....	12
<b>Figura 14-2:</b> Sistemas Mecánicos de un vehículo.....	15
<b>Figura 15-2:</b> Parámetros de un muelle.....	16
<b>Figura 16-2:</b> Esquema de un amortiguador hidráulico .....	17
<b>Figura 17-2:</b> Amortiguador de gas.....	17
<b>Figura 18-2:</b> Suspensión delantera.....	18
<b>Figura 19-2:</b> Horquilla basculante y dos amortiguadores .....	18
<b>Figura 20-2:</b> Sistema Mono-Cross.....	19
<b>Figura 21-2:</b> Sistema Pro-Link .....	20
<b>Figura 22-2:</b> Sistema Uni-Trak.....	20
<b>Figura 23-2:</b> Sistema de dirección Motocicleta .....	21
<b>Figura 24-2:</b> Vástago de dirección.....	21
<b>Figura 25-2:</b> Pistas o rodamientos .....	22
<b>Figura 26-2:</b> Rueda .....	22
<b>Figura 27-2:</b> Frenos de Tambor .....	23
<b>Figura 28-2:</b> Frenos de Disco.....	23
<b>Figura 29-2:</b> Palier .....	24
<b>Figura 1-3:</b> Dimensiones de una silla de ruedas .....	26

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3:</b> Alternativa de modelado 1 .....	27
<b>Gráfico 2-3:</b> Alternativa de modelado 2 .....	27
<b>Gráfico 3-3:</b> Modelado de la base del bastidor.....	29
<b>Gráfico 4-3:</b> Modelado final del bastidor .....	30
<b>Gráfico 5-3:</b> Diseño CAD del bastidor .....	30
<b>Gráfico 6-3:</b> Mallado del bastidor.....	31
<b>Gráfico 7-3:</b> Cargas aplicadas sobre el bastidor.....	32
<b>Gráfico 8-3:</b> Resultados de la deformación total.....	33
<b>Gráfico 9-3:</b> Resultados del esfuerzo equivalente.....	33
<b>Gráfico 10-3:</b> Resultados del factor de seguridad.....	34
<b>Gráfico 11-3:</b> Deformación total del bastidor ante un impacto.....	35
<b>Gráfico 12-3:</b> Esfuerzo máximo ante un impacto. ....	35
<b>Gráfico 13-3:</b> Suspensión delantera. ....	36
<b>Gráfico 14-3:</b> Boceto del brazo de suspensión trasera. ....	38
<b>Gráfico 15-3:</b> Brazo de suspensión. ....	38
<b>Gráfico 16-3:</b> Brazo de suspensión final.....	39
<b>Gráfico 17-3:</b> Amortiguador de gas. ....	39
<b>Gráfico 18-3:</b> Placa. ....	40
<b>Gráfico 19-3:</b> Acople. ....	40
<b>Gráfico 20-3:</b> Suspensión trasera en CAD.....	41
<b>Gráfico 21-3:</b> Mallado de la suspensión trasera.....	41
<b>Gráfico 22-3:</b> Carga aplicada sobre la suspensión. ....	42
<b>Gráfico 23-3:</b> Resultados de la deformación total de la suspensión trasera.....	42
<b>Gráfico 24-3:</b> Resultado del esfuerzo equivalente de la suspensión trasera. ....	43
<b>Gráfico 25-3:</b> Resultado del factor de seguridad de la suspensión trasera.....	43
<b>Gráfico 26-3:</b> Semieje de transmisión inicial. ....	44
<b>Gráfico 27-3:</b> Semieje de transmisión CAD. ....	44
<b>Gráfico 28-3:</b> Carga aplicada al semieje de transmisión.....	46
<b>Gráfico 29-3:</b> Deformación máxima del semieje de transmisión.....	46
<b>Gráfico 30-3:</b> Esfuerzo equivalente de Von-Mises del semieje de transmisión. ....	47
<b>Gráfico 31-3:</b> Coeficiente de seguridad del semieje de transmisión.....	47
<b>Gráfico 32-3:</b> Coeficiente de seguridad del semieje de transmisión cambios de sección. ....	48
<b>Gráfico 33-3:</b> Condiciones de estudio del análisis de fatiga. ....	48
<b>Gráfico 34-3:</b> Factor de seguridad del análisis de fatiga.....	49

<b>Gráfico 35-3:</b> Factor de seguridad del análisis de fatiga en los cambios de sección. ....	49
<b>Gráfico 36-3:</b> Modelado del sistema de acceso con la rampa plegada.....	51
<b>Gráfico 37-3:</b> Modelado del sistema de acceso con la rampa plegable. ....	52
<b>Gráfico 38-3:</b> Diseño CAD de la estructura de la rampa. ....	52
<b>Gráfico 39-3:</b> Diseño CAD del piso de la rampa. ....	53
<b>Gráfico 40-3:</b> Elemento de unión entre la rampa y el brazo de accionamiento. ....	53
<b>Gráfico 41-3:</b> CAD del elemento de unión fijo a la estructura de la rampa.....	53
<b>Gráfico 42-3:</b> Diseño CAD del elemento del brazo de accionamiento. ....	54
<b>Gráfico 43-3:</b> Mallado de la estructura de la rampa.....	54
<b>Gráfico 44-3:</b> Cargas aplicadas sobre la estructura de la rampa. ....	55
<b>Gráfico 45-3:</b> Resultados de deformación total de la estructura de la rampa. ....	55
<b>Gráfico 46-3:</b> Resultados del esfuerzo equivalente de la estructura de la rampa.....	56
<b>Gráfico 47-3:</b> Resultados del factor de seguridad de la estructura de la rampa. ....	56
<b>Gráfico 1-4:</b> Corte del tubo de acero.....	57
<b>Gráfico 2-4:</b> Doblado de tubos.....	58
<b>Gráfico 3-4:</b> Ensamblaje de la base mediante soldadura por puntos (SMAW).....	58
<b>Gráfico 4-4:</b> Ensamblaje de la base mediante soldadura por arco en protección gaseosa .....	59
<b>Gráfico 5-4:</b> Implementación de la suspensión delantera. ....	59
<b>Gráfico 6-4:</b> Doblado de tubo del brazo de suspensión. ....	60
<b>Gráfico 7-4:</b> Soldadura por puntos del brazo y placa.....	60
<b>Gráfico 8-4:</b> Perforación en el brazo de suspensión.....	61
<b>Gráfico 9-4:</b> Manufactura del acople. ....	61
<b>Gráfico 10-4:</b> Ensamblaje provisional de la suspensión trasera.....	62
<b>Gráfico 11-4:</b> Ensamblaje final de la suspensión mediante MIG.....	62
<b>Gráfico 12-4:</b> Fijación de la pista inferior de la dirección. ....	63
<b>Gráfico 13-4:</b> Fijación del volante de dirección.....	63
<b>Gráfico 14-4:</b> Mando de freno en el manubrio.....	64
<b>Gráfico 15-4:</b> Mordaza y disco del sistema de frenos.....	64
<b>Gráfico 16-4:</b> Torneado parte 1 del semieje.....	65
<b>Gráfico 17-4:</b> Torneado parte 2 del semieje.....	65
<b>Gráfico 18-4:</b> Aspecto final Semieje de transmisión. ....	66
<b>Gráfico 19-4:</b> Corte del tubo de acero.....	66
<b>Gráfico 20-4:</b> Doblado del tubo. ....	67
<b>Gráfico 21-4:</b> Ensamblaje del sistema de acceso mediante soldadura (SMAW).....	67
<b>Gráfico 22-4:</b> Ensamblaje del sistema de acceso. ....	68
<b>Gráfico 23-4:</b> Masillado de imperfecciones de la estructura del bastidor.....	68
<b>Gráfico 24-4:</b> Remoción del exceso de material de la masilla.....	69

<b>Gráfico 25-4:</b> Aplicación de la pintura base. ....	69
<b>Gráfico 26-4:</b> Aplicación de la pintura de color.....	70

## RESUMEN

Como una alternativa para mejorar la movilidad de personas en silla de ruedas se diseñó y construyó el bastidor y sistemas mecánicos para un vehículo monoplaza mediante software de diseño y simulación, el desarrollo de la presente propuesta tecnológica empezó con una revisión bibliográfica y recolección de información con el objetivo de identificar los requerimientos de los usuarios para establecer criterios y parámetros de diseño, por medio de una matriz de selección se escogió el material adecuado principalmente para el bastidor que fue el acero estructural ASTM A-500; una vez que se conceptualizó el diseño se realizaron diversas pruebas de funcionamiento de los elementos más críticos ante diversas cargas por medio de software de simulación y finalmente la construcción mediante procesos de manufactura tales como la soldadura eléctrica SMAW y MIG para el ensamblaje de los distintos elementos. Al realizar un análisis a través de software se obtuvo resultados satisfactorios, el bastidor y demás elementos estuvieron sometidos a esfuerzos por debajo al límite elástico, así como su factor de seguridad garantiza la integridad del usuario incluso en casos extremos de un impacto. Finalmente se obtuvo el bastidor y componentes mecánicos, de tal manera se concluyó que el vehículo monoplaza puede ser utilizado por usuarios de silla de ruedas estándar que presenten paraplejía o lesiones temporales en sus extremidades inferiores cumpliendo con sus requerimientos; se recomienda para futuros diseños considerar materiales más ligeros a los utilizados con el objetivo de reducir el peso del vehículo para un menor consumo energético por parte del sistema de propulsión y al momento de diseñar considerar que las dimensiones geométricas puedan ser realizadas con los equipos disponibles.

**PALABRAS CLAVE:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <MOVILIDAD>, <DISEÑO DEL BASTIDOR>, <COMPONENTES MECÁNICOS>, <SIMULACIÓN>, <CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR>, <USUARIO DE SILLA DE RUEDAS>, <SEGURIDAD DEL USUARIO>.

## ABSTRACT

As an alternative to improve the mobility of people in wheelchairs, the frame and mechanical systems for a one-seater vehicle were designed and constructed using design and simulation software, the development of this technological proposal began with a Bibliographic review and information gathering with the objective of identifying the requirements of the users to establish criteria and design parameters, by means of a selection matrix the material suitable mainly for the frame was chosen. That was the structural steel ASTM A-500; once the design was conceptualized; various performance tests of the most critical elements were carried out with various loads by means of simulation software and finally the construction through manufacturing processes such as welding Electrical SMAW and MIG for the assembly of the different elements. When performing a software analysis, satisfactory results were obtained, the frame and other elements were subjected to stresses below the elastic limit as well as its safety factor guarantees the integrity of the user even in extreme cases of an impact. Finally, the chassis and mechanical components were obtained, so it was concluded that the vehicle can be used by standard wheelchair users who present paraplegia or temporary injuries in their lower extremities in compliance with their Requirements It is recommended for future designs to consider lighter materials to those used in order to reduce the weight of the vehicle for a lower energy consumption by the propulsion system and at the time of design consider that the geometric dimensions Can be made with the available equipment.

**Key words:** <ENGINEERING TECHNOLOGY AND SCIENCES>, <MOBILITY>, <FRAME DESIGN>, <MECHANICAL COMPONENTS>, <SIMULATION>, <FRAME CONSTRUCTION>, <WHEELCHAIR USER>, <USER SAFETY>

## INTRODUCCIÓN

Uno de los mayores problemas que ha tenido que afrontar las personas con discapacidad física en el Ecuador es la movilidad, debido a la dificultad de acceder al transporte público los mismos que no cuentan con mecanismos apropiados que faciliten el acceso de dichos usuarios o a vehículos adaptados a sus necesidades; por lo que sus derechos han sido vulnerados y no cuentan con la autonomía e independencia suficiente para desenvolverse en su diario vivir.

Los usuarios de silla de ruedas principalmente dependen de terceras personas para movilizarse y acceder al transporte público debido a que estos no poseen mecanismos como rampas o elevadores, de la misma manera que no se respeta el espacio destinado para estos usuarios, por lo tanto, un medio de transporte particular adaptado a sus necesidades le brindará mayor autonomía e independencia.

El diseño y construcción del bastidor y sistemas mecánicos para un vehículo monoplaza para usuarios de silla de ruedas será una alternativa de solución de movilidad destinado al uso dentro de las instalaciones de la ESPOCH; para el desarrollo del presente trabajo se utiliza conocimientos científicos por medio de recolección de información de fuentes bibliográficas y una investigación a nivel exploratorio para el sustento en busca de una solución viable.

Mediante el presente trabajo de titulación como una propuesta tecnológica aportará a la investigación para el desarrollo de vehículos inclusivos que se adapten a las necesidades de todo tipo de usuarios y amigables con el medio ambiente.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO REFERENCIAL

### 1.1. Antecedentes

Según datos del Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades (CONADIS) (2018), en el Ecuador existen actualmente 202216 personas con algún tipo de discapacidad física, en la ciudad de Riobamba existen 2909 personas con esta condición. De acuerdo a datos del Departamento de Bienestar Estudiantil (DBE) de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) en la institución existen 16 estudiantes con discapacidad física de los cuales 2 son usuarios de silla de ruedas, a pesar de que en la Constitución de la República del Ecuador establece que se procurará la igualdad de condiciones para las personas con discapacidad así como su integración social, no existe un medio de transporte inclusivo que facilite la movilidad de los estudiantes con discapacidad física.

Debido a que los medios de transporte público no brindan las facilidades necesarias para el acceso y movilidad de personas con discapacidad física especialmente usuarios de silla de ruedas, se han desarrollado alternativas de transporte que brinde una mayor autonomía e independencia al usuario, en vista a esta necesidad en la Escuela Superior Politécnica del Ejército (ESPE) se desarrolló la carrocería de un triciclo monoplaza eléctrico para personas con discapacidad en sus extremidades inferiores con lo que, facilitó el acceso de la persona con su silla de ruedas al vehículo para conducir por su propia cuenta y salvaguardando su integridad física durante la movilidad.

En el presente trabajo de titulación se busca diseñar y construir el bastidor y sistemas mecánicos para un vehículo monoplaza para usuarios de silla de ruedas con un diseño y geometría mucho más ajustados a la necesidad del usuario con el objetivo de reducir el uso de materiales y consigo el peso del vehículo y costos. De igual manera permita el acceso del usuario con su silla de ruedas y salvaguardar su integridad física.

### 1.2. Planteamiento del problema

El acceso al transporte público es uno de los mayores problemas que han tenido que afrontar las personas con discapacidad física en el país por lo que dependen de terceros para poder movilizarse, un inconveniente debido a la falta de autonomía es el acceso a la educación superior por la falta de medios de transporte inclusivos que faciliten su movilidad a sus respectivos centros de estudio y en el interior de sus instalaciones, esto ha dificultado su



inserción al medio laboral por lo que no cuentan con los recursos económicos suficientes para adquirir un vehículo adaptado a sus necesidades.

En la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo existe un medio de transporte interno para los estudiantes el mismo que no cuenta con las facilidades necesarias para usuarios de silla de ruedas para su movilidad, por lo que se ha visto la necesidad de diseñar y construir el bastidor y sistemas mecánicos para un vehículo monoplaza que se ajuste a sus necesidades facilitando su movilidad e independencia.

### **1.3. Justificación**

#### ***1.3.1. Justificación teórica***

Mediante el presente trabajo de titulación se establecerá y estudiará conceptos relacionados al área de la ingeniería automotriz, que junto con la utilización de software de diseño y simulación permitirán conceptualizar el diseño del bastidor y sistemas mecánicos de un vehículo monoplaza y su posterior construcción mediante procesos de manufactura estudiados los cuales faciliten el acceso y movilidad de personas en silla de ruedas

Además, se busca que el presente trabajo de titulación sea un aporte teórico para futuras investigaciones en el desarrollo de vehículos inclusivos y otras alternativas de transporte que faciliten la movilidad de personas usuarios de silla de ruedas.

#### ***1.3.2. Justificación metodológica***

El presente trabajo de titulación está orientado a la aplicación de conocimientos científicos para el sustento de la propuesta de solución a un problema relacionado a la inclusión de personas con discapacidad física a la movilidad, en este caso para la formulación de un diseño y construcción del bastidor y sistemas mecánicos de un vehículo monoplaza.

Con el vehículo monoplaza para personas usuarios de silla de ruedas se espera generar resultados que disminuya el problema antes mencionado, para lo cual la modalidad de estudio corresponde a una investigación de tipo bibliográfica con el objetivo de recopilar información sobre conceptos necesarios que permitan sustentar el presente trabajo; junto con una investigación de campo a nivel exploratorio que implica la participación del investigador en el lugar del objeto de estudio con el objetivo de analizar y evaluar los elementos a observar.

El desarrollo del trabajo inicia con la recolección de información para identificar los requerimientos de los usuarios para posteriormente conceptualizar el diseño del bastidor y sistemas mecánicos, los mismos deben ser analizados bajo ciertas condiciones mediante software de diseño y simulación, mediante el cual, seleccionar el material y los procesos de

manufactura adecuados para su ensamblaje que garantice su funcionamiento, y finalmente su construcción.

### ***1.3.3. Justificación Práctica***

El presente trabajo de titulación se desarrolla debido a la falta de transporte inclusivo dentro de la ESPOCH que permita el acceso y facilite la movilidad de personas usuarios de silla de ruedas, por lo que se ha visto en la necesidad de diseñar y construir un bastidor y sistemas mecánicos para un vehículo monoplaza para el uso interno en la institución con lo cual facilite al usuario tener mayor independencia y autonomía en sus actividades diarias.

Es de gran importancia para la sociedad ya que permitirá la inclusión de personas con discapacidades físicas al derecho a la movilidad brindando igualdad de condiciones y oportunidades; además que servirá como un punto de partida para la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías de transporte inclusivo, amigable con el medio ambiente y que se adapte a las necesidades de los usuarios para proporcionar la autonomía suficiente.

## **1.4. Objetivos**

### ***1.4.1. Objetivo general***

- Diseñar y construir el bastidor y sistemas mecánicos de un vehículo monoplaza mediante software de diseño, simulación y un proceso de manufactura adecuado, para mejorar la movilidad de personas en silla de ruedas.

### ***1.4.2. Objetivos específicos***

- Identificar los requerimientos de los usuarios mediante técnicas de recolección de información para definir los criterios del diseño.
- Diseñar el bastidor y sistemas mecánicos del vehículo monoplaza utilizando software de diseño asistido por computador y simulación por método de elementos finitos.
- Construir el bastidor del vehículo monoplaza empleando equipos y herramientas tecnológicas y procesos de manufactura adecuados.
- Implementar los sistemas mecánicos mediante procesos de ensamblaje adecuados que garanticen la seguridad de los usuarios.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Transporte de personas con discapacidad física

El acceso al medio físico entre ellos al transporte es uno de los asuntos que requiere mayor atención a nivel social, una persona en silla de ruedas para que puede movilizarse dentro de un medio de transporte necesita de al menos un metro cuadrado, pero muchas de las veces los espacios preferenciales son ocupados por otras personas, principalmente en horas pico esto es muy común en nuestro país; este tan solo es un obstáculo que deben afrontar, para poder acceder al transporte público necesitan de terceras personas para el embarque y desembarque ya que no poseen una rampa o elevadores que permitan su acceso de manera autónoma. Por lo que se requiere tomar acciones como adaptaciones en el transporte público con la instalación de elevadores y plataformas bajas, así como en el desarrollo de medios de transporte para uso personal adaptado a sus necesidades (El Telégrafo, 2016).



**Figura 1-2:** Acceso de un usuario de silla de ruedas al transporte público  
**Fuente:** (El Telégrafo; 2016)

#### 2.1.1. Tipos de discapacidad física

##### 2.1.1.1. Monoplejía

Esta condición consiste en la “parálisis de una única extremidad, generalmente producida por daños en el nervio que inerva la zona en cuestión” (Castillero, 2018), por lo que posee debilidad motora debido a diferentes causas principalmente por parálisis cerebral, por un absceso o tumor, y por un mal desarrollo en alguna zona del cerebro.

### *2.1.1.2. Paraplejia*

Es la condición en la que la persona carece de movimiento en las extremidades inferiores del cuerpo por lo que pierde la capacidad para caminar, esta condición se debe a una lesión medular provocada por un accidente, o bien por una enfermedad congénita (Cujano, 2012, p.53).

### *2.1.1.3. Cuadriplejia*

Es la condición en la que la persona pierde la capacidad de movimiento y sensibilidad de sus extremidades inferiores y miembros superiores, debido a una lesión en la médula espinal (Cujano, 2012, p.56).

### *2.1.2. Silla de ruedas*

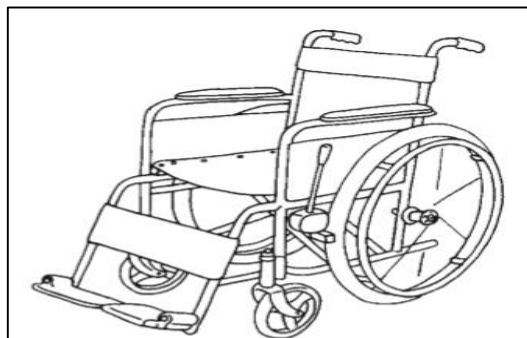
Es un dispositivo que permite el apoyo para sentarse y el desplazamiento por medio de ruedas para personas que poseen algún tipo de dificultad para caminar, el mismo que puede ser propulsado por el mismo usuario o por terceras personas, puede poseer un sistema de propulsión como un motor eléctrico (OMS, 2008, p. 21).

Las sillas de ruedas son fabricados de diferentes materiales entre ellos el acero, estas se caracterizan en ser pesadas pero económicas, por lo que se han buscado alternativas en materiales para su fabricación como el aluminio facilitando la movilidad al usuario al ser mucho más ligera; al utilizar materiales como el titanio y la fibra de carbono se obtiene sillas ultraligeras, pero con un precio muy elevado. (Zepeda et al., 2013, p.13-14)

### *2.1.3. Tipos de sillas de ruedas*

#### *2.1.3.1. Silla de ruedas de uso temporal*

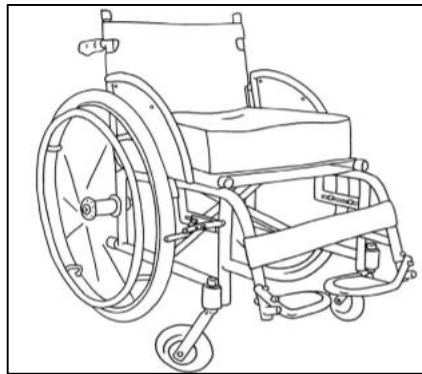
Se utilizan para movilizar a un usuario de un lugar a otro como en el caso de un paciente hospitalario, por lo que no están diseñadas para proporcionar un ajuste, postura y alivio a la presión exacto, por lo que su uso de manera permanente provocaría molestias al usuario (OMS, 2008, p. 28).



**Figura 2-2:** Silla de ruedas de uso temporal  
Fuente: (OMS; 2008)

### 2.1.3.2. Silla de ruedas de uso permanente

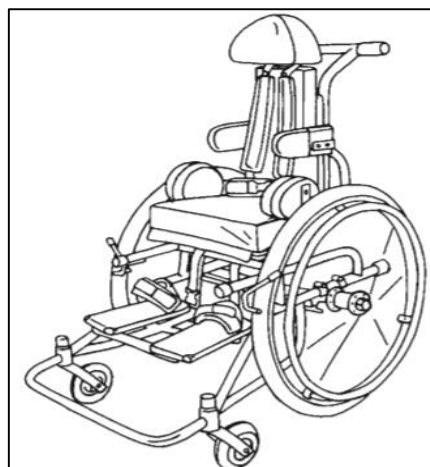
Se caracteriza en poseer un ajuste, apoyo y alivio a la presión exacto por lo que deben ser diseñadas en distintas dimensiones como en ancho y profundidad del asiento, además que deben permitir ajustes en componentes importantes como en el espaldar y en el apoya pies de tal manera que la silla pueda en lo posible ajustarse a las necesidades del usuario (OMS, 2008, p. 29). Este dispositivo debe al ser de uso permanente debe estar diseñado y fabricado con materiales que faciliten la movilidad del usuario por lo que deben ser ligeros y de fácil maniobrabilidad.



**Figura 3-2** Silla de ruedas de uso permanente  
Fuente: (OMS; 2008)

### 2.1.3.3. Silla de ruedas para apoyo postural

Están diseñadas específicamente para usuarios o pacientes que poseen poca movilidad y requieren de posturas especiales por lo que dependen de manera permanente de la silla de ruedas (OMS, 2008, p. 29). Para su construcción no es determinante el material a utilizar, se prioriza su diseño para conseguir un mayor equilibrio en su uso, por lo general se requiere de implementos adicionales para cubrir las necesidades del usuario.



**Figura 4-2** Silla de ruedas para apoyo postural  
Fuente: (OMS; 2008)

#### 2.1.3.4. Sillas de ruedas eléctricas

Utilizan como medio de propulsión un motor eléctrico, se caracteriza en poseer ruedas más pequeñas en comparación con las sillas de ruedas manuales, pueden ser de tracción delantera en las cuales las ruedas delanteras son más grandes que las traseras con lo cual ayuda a sobrepasar los obstáculos pero dificulta la maniobrabilidad, las de tracción central son utilizados generalmente para lugares cerrados ya que permite girar en su propio eje, las sillas de tracción trasera son las más utilizadas al poseer una mejor maniobrabilidad. Estas sillas de ruedas pueden alcanzar hasta una velocidad de 12 Km/h y la batería puede durar todo el día (Zepeda et al., 2013, p.15).



**Figura 5-2** Silla de ruedas eléctrica  
Fuente: (MedicalExpo)

#### 2.1.4. Usuario de silla de ruedas

Es la persona que posee algún tipo de discapacidad física temporal o permanente que le impide caminar por lo que utiliza una silla de ruedas para desplazarse, de manera autónoma o dependen de terceras personas si es necesario, ya que depende del grado de discapacidad física del usuario (OMS, 2008, p.21).

#### 2.2. Bastidor

Es la estructura principal del vehículo que le proporciona resistencia, rigidez y sobre la cual se fijan todos los sistemas mecánicos y la carrocería; de la misma manera debe tener la capacidad de soportar los esfuerzos y sollicitaciones a los que sea sometido debido al propio funcionamiento del vehículo (Alonso, 2011, p. 4).



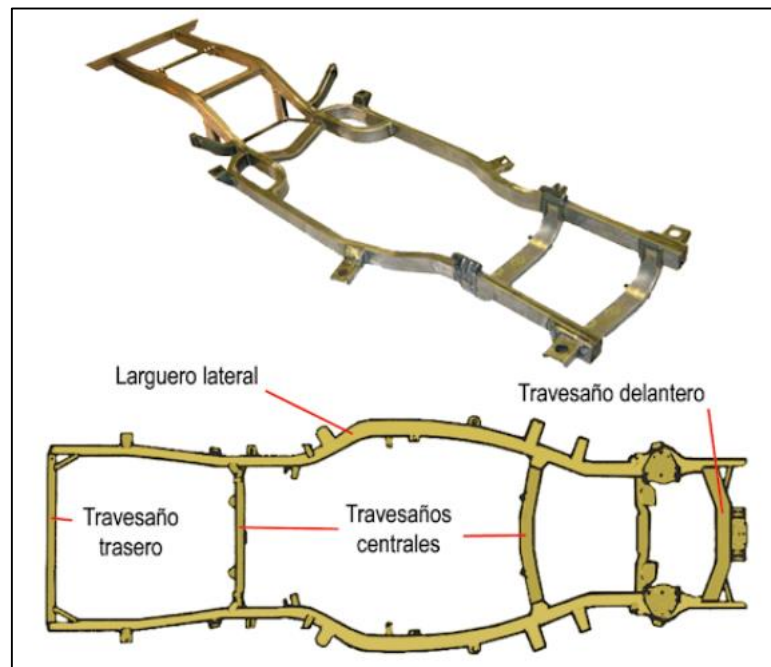
**Figura 6-2:** Bastidor del vehículo  
Fuente: (Andrino, 2016, p.9).

El bastidor está constituido generalmente por un armazón de vigas que se extiende a lo largo de su estructura, que se unen mediante travesaños por operaciones de ensamble permanente como soldado o ensamble mecánico como atornillado o remachado, dispuestos ya sea de manera transversal o diagonal de acuerdo a la configuración (Gómez, 2009, p. 56).

### **2.2.1. Tipos de bastidor**

#### **2.2.1.1. Bastidor en escalera o H**

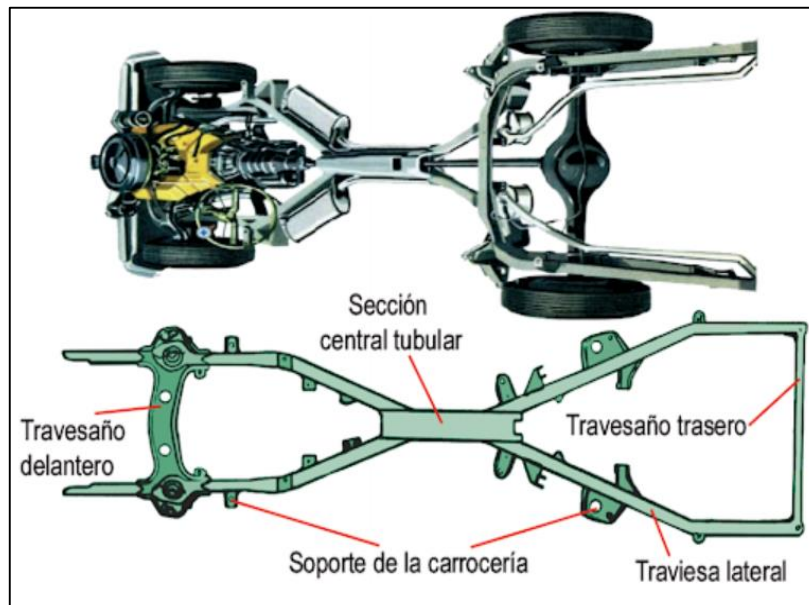
Este tipo de bastidor es uno de los mayormente utilizados, es la forma básica de un bastidor que consiste en dos largueros dispuestos de manera paralela o no, los mismos que se unen por medio de travesaños; se caracterizan en ser ligeros y poseer una gran rigidez (Gómez, 2009, p. 57).



**Figura 7-2:** Bastidor en escalera o H  
Fuente: (Gómez, 2009)

### 2.2.1.2. Columna en X

Este bastidor se caracteriza en que su geometría se estrecha por la parte central con lo que le hace una estructura rígida e ideal para contrarrestar los esfuerzos de torsión elevados, por la parte delantera posee un travesaño robusto que permite fijar y montar la suspensión delantera (Gómez, 2009, p. 57).

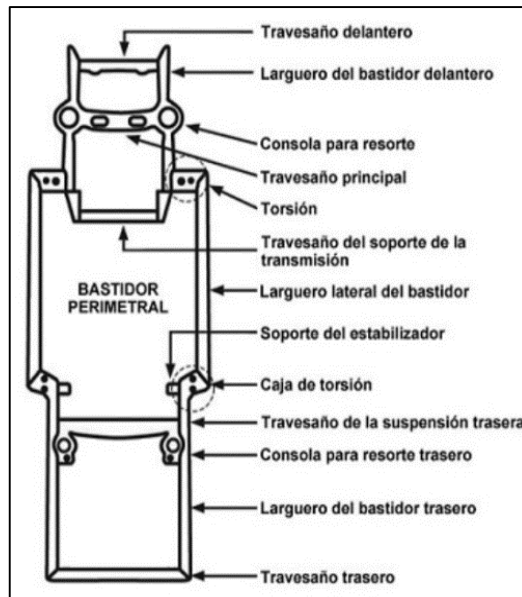


**Figura 8-2:** Bastidor de columna en X  
Fuente: (Gómez, 2009)

### 2.2.1.3. Bastidor perimétrico

Es algo similar al bastidor en escalera con la diferencia de que posee una configuración de forma escalonada por delante y detrás de cada eje, con lo que forma una caja de torsión que permite absorber la energía producida en un choque frontal y en el caso de un impacto lateral los largueros proporcionan una mayor protección a más de soportar a la carrocería (Gómez, 2009, p. 57).

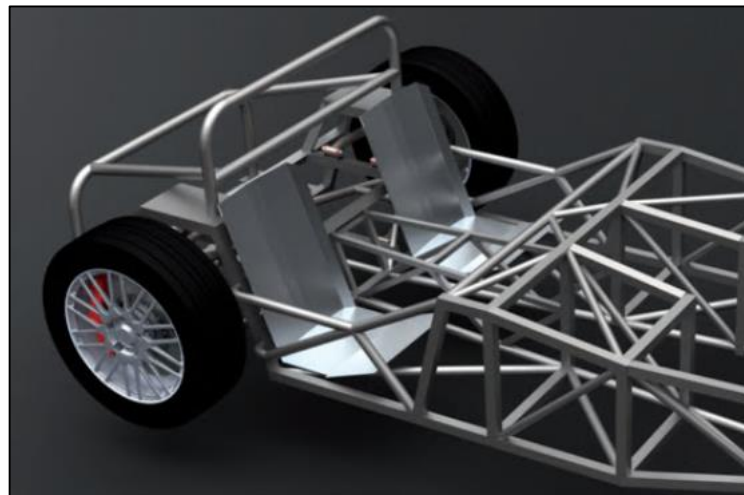




**Figura 9-2:** Bastidor perimétrico  
 Fuente: (Ingemecánica)

#### 2.2.1.4. Bastidor tubular

Está constituido básicamente por un entramado tubular del tipo celosía o comúnmente denominado jaula que proporciona una gran rigidez y se caracteriza por ser ligero, por lo que son ideales para ser utilizados en vehículos de competencia y prototipos en los cuales la carrocería cumple la función netamente estética y aerodinámica, esta estructura permite un fácil acceso mecánico del vehículo (Gómez, 2009, p. 58)



**Figura 10-2:** Bastidor Tubular  
 Fuente: (Gómez, 2016)

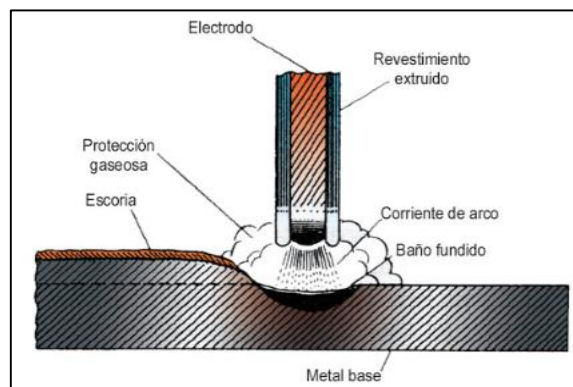
#### 2.2.2. Procesos de soldadura

El proceso de soldadura permite la unión localizada de dos o más elementos mediante la aportación de calor proveniente de un arco eléctrico en ciertos de tipos de soldadura así como la

aplicación de rayos láser, ultrasonido o mediante un proceso de fricción en las superficies que pueden estar en contacto o muy cercanas permitiendo que estas se fundan, puede existir una aportación de material de relleno que facilite la fusión, por lo que mediante este proceso se obtiene una unión permanente formando un solo elemento.

#### 2.2.2.1 Soldadura eléctrica con electrodo revestido (SMAW)

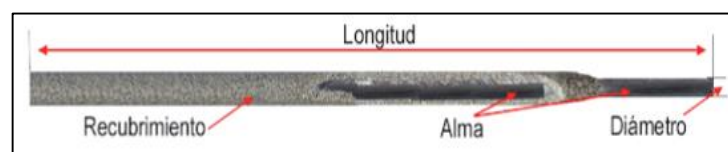
Este proceso de soldadura se realiza mediante la aportación de calor generado por un arco eléctrico al ponerse en contacto dos materiales conductores de polos diferentes, la conexión a tierra se lo realiza mediante una pinza que se pone en contacto con la estructura a trabajar y por medio de la pinza porta electrodo el mismo que es manipulada por el operario. Al hacer contacto la superficie metálica con el electrodo se genera una elevada temperatura, con lo cual se genera vapores metálicos que al mezclarse con el aire ionizan la atmósfera de contacto entre el electrodo y el metal, de esta manera el aire se convierte en un conductor eléctrico que permite la separación entre polos manteniendo el flujo de corriente creando un arco eléctrico (Navarro et al., 2010: pp.122).



**Figura 11-2:** Soldadura eléctrica con electrodo revestido (SMAW)  
**Fuente:** (Gómez et al.; 2016)

#### 2.2.2.2. El electrodo

Es el elemento que permite el salto de corriente, así como la aportación de material en el sistema de soldadura SMAW. Básicamente es una varilla metálica o también llamado “alma”, cuya composición es similar al metal a trabajar, se encuentra cubierto de un “revestimiento” compuesto de elementos adecuados para el tipo de soldadura aplicado con el objetivo principalmente de facilitar la generación del arco eléctrico (Navarro et al., 2010: pp.127).



**Figura 12-2:** Partes de un electrodo  
**Fuente:** (Gómez et al.; 2016)

### 2.2.2.3. Soldadura por arco en protección gaseosa (MIG/MAG)

Es un proceso de soldadura en el que se utiliza un arco eléctrico generado entre las piezas a unir y un electrodo continuo o también denominado alambre o hilo generando el calor necesario para la fusión del metal. El arco eléctrico se protege mediante una atmósfera de gas, ya sea de naturaleza inerte o un gas activo, para evitar el contacto de los gases del ambiente evitando la oxidación (Carpintero, 2008, p. 105).

Este proceso de soldadura tiene ventajas, la velocidad del proceso es más alta ya que se suministra de manera continua el electrodo y consigo una mayor deposición de metal, gracias a esto utilizado en procesos con un elevado volumen de producción, además que tiene un amplio campo de aplicación ya que permite soldar todos los metales y las aleaciones existentes en el mercado (Carpintero, 2008, p.107).



**Figura 13-2:** Soldadura con protección gaseosa  
Fuente: (Gómez et al.; 2016)

### 2.2.2.4 Soldadura MIG

Este método de soldadura se realiza mediante el uso de un gas de naturaleza inerte como el Argón y el Helio, o bien una mezcla de los dos como un gas protector. “Este procedimiento se emplea sobre todo para soldar aceros inoxidable, cobre aluminio, chapas galvanizadas y aleaciones ligeras, aunque permite soldar cualquier tipo de chapa” (Navarro et al., 2010: pp.141).

### 2.2.2.5. Soldadura MAG

“El método MAG (Metal Activo Gas) reemplaza el gas inerte de la soldadura MIG por gases protectores químicamente activos. Como gas protector se emplea el Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), mezclas de argón y dióxido de carbono o mezcla de argón y oxígeno. El campo de aplicación de este sistema lo componen básicamente los aceros no aleados o de baja aleación” (Navarro et al., 2010: pp.141).

#### *2.2.2.6. El alambre electrodo*

Este elemento debe ser de la misma naturaleza de los elementos que van a ser sometidos al proceso de soldadura, el alambre se dispone en bobinas de hilo con un recubrimiento de cobre para la protección contra la corrosión y para asegurar un mayor contacto eléctrico (Navarro et al., 2010: pp.159).

#### **2.2.3. Materiales para la construcción de bastidores**

Mediante los avances tecnológicos en el área de la metalografía, ha permitido un significativo cambio en el diseño y construcción tanto de bastidores como carrocerías por medio de la utilización de materiales más resistentes y ligeros, con el objetivo de incrementar las prestaciones mecánicas, una mayor seguridad activa y pasiva, reducción de peso que se traduce en menor consumo energético y emisiones de sustancias contaminantes (Navarro et al., 2010: pp.18).

##### *2.2.3.1. El acero*

Es una aleación de fierro y carbono con un porcentaje bajo en peso de carbono menos del 1,7% en su composición, su estructura granular es uniforme con tamaños diferentes por ejemplo en aceros con bajo contenido en carbono los granos son grandes y en el caso de aceros con alto los granos son finos y apretados; posee excelentes propiedades mecánicas capaz de absorber impactos y una gran rigidez. Es muy utilizado en el campo automotriz como aceros al carbono, aceros de aleación y los que son fabricados para herramientas (Gómez, 2016: pp. 89).

##### *2.2.3.2. Aceros al carbono*

Este tipo de aceros también denominados no aleados están compuestos principalmente por fierro, carbono que influye directamente en las propiedades mecánicas como la resistencia, dureza y ductilidad; manganeso con un porcentaje inferior al 1,6%, silicio en una pequeña cantidad inferior al 0,55% e impurezas como el fósforo y azufre con cantidades mucho menores al 0,0035%, estos elementos principalmente influyen en propiedades como la resistencia a la corrosión, tenacidad y maquinabilidad (Navarro, 2011: pp.84).

##### *2.2.3.3. Aceros de aleación*

Están compuestos por otros elementos metálicos con el objetivo de modificar sus características físicas, químicas y mecánicas, por lo que sus propiedades se encuentran determinadas por los elementos que se utilicen, así como la cantidad añadida (Navarro, 2011: pp.84).

##### *2.2.3.4. Acero inoxidable*

Este tipo de acero se caracteriza en poseer una alta resistencia a la corrosión ya que posee como mínimo un 10% de cromo en su composición el mismo que tiene afinidad con el oxígeno que al

reaccionar forma una capa pasivadora, adicionalmente contiene otros elementos como el níquel y el molibdeno (Navarro, 2011: pp.85)

Su aplicación en la fabricación de vehículos es limitada, siendo utilizado para los componentes del sistema de escape. Con la utilización de este acero se puede reducir hasta un 50% de peso, además que posee excelentes características con respecto a ductilidad y facilidad para reparar.

#### *2.2.3.5. Acero galvanizado*

Se obtiene por medio de un recubrimiento de varias capas de aleación hierro-zinc que básicamente son tres y una capa exterior de zinc que permite proteger al acero de la corrosión, por lo que tiene un aspecto de color gris-metálico (Navarro, 2011: pp. 86).

#### *2.2.3.6. Acero estructural*

Principalmente poseen la designación ASTM, uno de los más comunes es el acero ASTM A36, con un contenido bajo en carbono y laminado en caliente, por lo que se caracteriza en ser muy dúctil con un punto de fluencia mínimo de 248 MPa, principalmente se encuentra disponible en perfiles estructurales, láminas, placas y barras. Los tubos redondos y otros perfiles estructurales huecos son fabricados mediante acero ASTM 500 (Mott, 2006: pp.54).

#### *2.2.3.7. Aluminio*

El aluminio en los últimos años ha sido uno de los metales mayormente utilizados en el industria automotriz, debido a sus propiedades de ser más ligeros que los aceros con lo que se consigue una reducción en el consumo de combustible y bajo nivel de contaminación, en tanto a la seguridad con la utilización del aluminio el vehículo es más seguro ya que en caso de un impacto la deformación de la estructura es controlada, además que este metal puede ser reciclado al 100% con lo cual se puede cumplir con las normativas vigentes que obligan a que un alto porcentaje del vehículo sea reciclable (Navarro et al., 2010: pp.28).

Se caracteriza principalmente por ser ligero hasta una tercera parte del peso del acero, además que es muy resistente a la corrosión, es relativamente fácil de formar y maquinarse, pero su resistencia es menor. En el diseño de elementos mecánicos se utiliza mayormente la aleación de aluminio 6061, ya que se encuentra disponible en diversas formas, posee una alta resistencia y se puede soldar fácilmente, por lo que permite trabajar con facilidad y si se requiere obtener mayor resistencia se realiza un tratamiento térmico después del moldeo con una desventaja considerable que posee una baja maquinabilidad (Mott, 2006: pp.57-58).

## 2.3. Sistema de Diseño Asistido por Computador (CAD)/ Ingeniería Asistida por Computador (CAE)

### 2.3.1. Sistema CAD

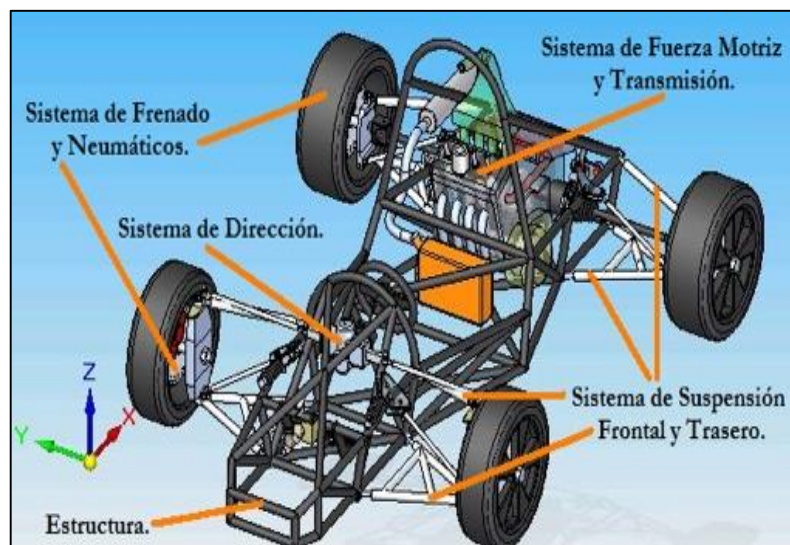
Es un Software que contiene un conjunto de herramientas que mediante una interfaz gráfica entre el usuario y el ordenador permite el diseño de elementos y mecanismos, facilitando la conceptualización del diseño plasmando las ideas del usuario en bocetos, los mismos que pueden ser modificados con rapidez y facilidad, esto ha significado un gran avance en la industria agilizando procesos de creación y fabricación, por lo que son utilizados en distintos campos de la ingeniería (Suárez et al., 2006, p.10).

### 2.3.2. Sistema CAE

Es un software de ingeniería que mediante un conjunto de herramientas y una interfaz gráfica facilita el análisis y optimización de componentes, proporcionando información confiable. Mediante el análisis por elementos finitos permite obtener soluciones aproximadas en diferentes aplicaciones de ingeniería tales como análisis de esfuerzos, deformaciones, temperatura, etc (Kalpakjian y Schmid, 2002, p. 1071).

## 2.4. Sistemas mecánicos

Un vehículo que sirve como medio de transporte para las personas, en su conjunto tiene diferentes sistemas mecánicos que cumplen funciones específicas dentro del desempeño del mismo, tales sistemas como: suspensión, dirección, frenos, etc. A lo largo del tiempo todos estos sistemas han presentado innovaciones importantes con el fin de asegurar el confort y funcionamiento de los vehículos.



**Figura 14-2:** Sistemas Mecánicos de un vehículo

Fuente: (Ramírez D.: n.d.)

## 2.4.1. Sistema de suspensión

### 2.4.1.1. Introducción

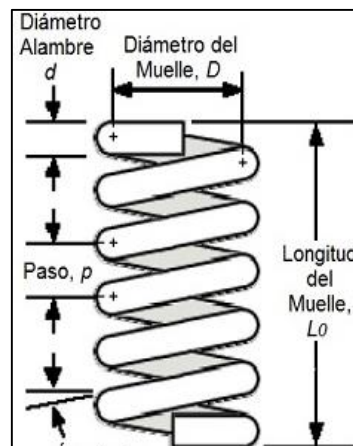
El sistema de suspensión de un vehículo está diseñado con el fin de absorber las irregularidades de la carretera además de brindar confort y seguridad a los pasajeros. Para llevar acabo esto, el sistema de suspensión debe poseer dos importantes características que son la elasticidad y amortiguación (Alonso, 2011, p.367).

### 2.4.1.2. Elementos básicos del sistema de suspensión

#### a) Muelles

Muelle, elemento significativo de la suspensión fabricado en materiales como acero y sus aleaciones, que tiene como objetivo atenuar las oscilaciones que presenta el vehículo por las condiciones de terreno, además “las características del muelle son incluso más importantes que las características del amortiguador hidráulico” (Castro, 2001, p.13).

Las cualidades de un muelle van a depender de su configuración, ya que puede tener diferente distancia entre sus espiras variando así su gradiente. Esto se comprueba al someterlo a diferentes cargas. (Castro, 2001, p.18).



**Figura 15-2:** Parámetros de un muelle

Fuente: (Ingemecánica, n.d.)

#### b) Amortiguadores

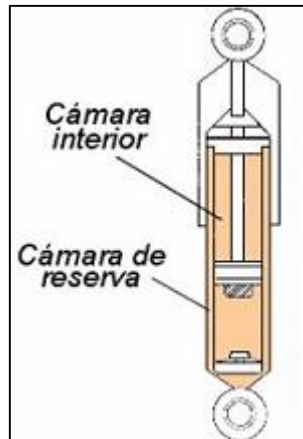
La suspensión posee también un amortiguador, el cual trabaja en conjunto con un muelle, ya que “la característica propia de los muelles de devolver el esfuerzo de compresión a que son sometidos con un esfuerzo de distensión” (Castro, 2001, p.22), haría que las vibraciones por las irregularidades del terreno afecten en mayor grado al confort de los pasajeros.

#### c) Amortiguador hidráulico

Elemento de la suspensión, que en conjunto con el muelle tratan de absorber de manera más rápida las vibraciones del terreno. A sus inicios para su funcionamiento se requería

principalmente de un cilindro y un émbolo, los cuales trabajan con aceite. Pero con el desarrollo tecnológico en la actualidad ya se posee amortiguadores hidráulicos de un cilindro o de dos.

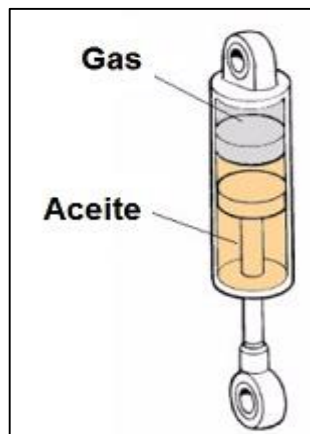
Al estar el aceite en movimiento dentro del cilindro, el amortiguador debe tener aire para así evitar la depresión del aceite he aquí la razón por la cual que todo amortiguador tendrá una cámara de gas en su interior independientemente del tamaño (Castro, 2001, p.24-25).



**Figura 16-2:** Esquema de un amortiguador hidráulico  
Fuente: (Ingemeccánica, n.d.)

#### d) Amortiguadores de gas

El avance tecnológico, ha creado un amortiguador que se basa en la eliminación del aire y en su reemplazo ocupa gas principalmente el nitrógeno. La ventaja de este tipo de amortiguador es que no se desarrolla espuma en el aceite, además que su estructura le ayuda a trabajar en cualquier posición (Castro, 2001, p.26).



**Figura 17-2:** Amortiguador de gas  
Fuente: (Ingemeccánica, n.d.)

#### 2.4.1.3. Suspensión delantera

Desde el análisis de la distribución de pesos dentro de una motocicleta, se establece que la suspensión delantera soporta menos peso que la rueda trasera. Y sus componentes son: el muelle



y amortiguador. Como ya se mencionó en el apartado anterior el funcionamiento de los mismos se dice que una buena elección de los elementos de la suspensión delantera de una motocicleta no producirá efectos negativos como Shimmy o el penduleo (Castro, 2001, p.30).



**Figura 18-2:** Suspensión delantera  
**Fuente:** (Homologar, n.d.)

#### 2.4.1.4. Suspensión trasera

La propia configuración de la motocicleta, hace que en la parte trasera se tenga menor espacio para los elementos de la suspensión y con la misión de soportar mayor peso, su diseño se vuelve complejo. A lo largo de la evolución de la motocicleta se ha diseñado diferentes modelos de suspensión trasera, pero en la actualidad los dos diseños que más han dado solución son (Castro, 2001, p.48):

- a) *Horquilla basculante y dos amortiguadores.*



**Figura 19-2:** Horquilla basculante y dos amortiguadores  
**Fuente:** (Voromv, 2015)

La estructura de este tipo de suspensión trasera de motocicleta es simple debido a que tiene una horquilla en la parte inferior en donde se sujeta el eje de la rueda y en sus dos lados posee un amortiguador que absorbe las oscilaciones producidas por el movimiento natural de la rueda con el terreno. (Castro, 2001, p.49)

Este diseño ha sido utilizado durante algunos años debido a las siguientes características:

- Fácil montaje y desmontaje de cada uno de los amortiguadores.
- Menor número de elementos.

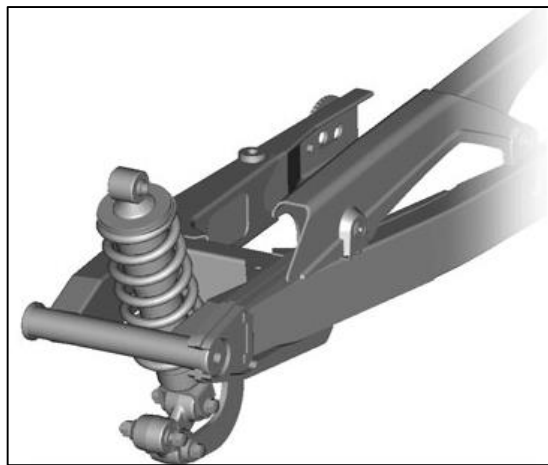
b) *Suspensión de sistema cantiléver.*

Apareció como un nuevo diseño y se ha ido ganando grandes adeptos debido a la solución que brinda, en especial en motos que recorren terrenos deportivos. El primer modelo de este tipo fue desarrollado por Yamaha en 1973 al cual se le denominó Mono-Cross, desde ese año se ha ido realizando varios cambios al modelo principal con el fin de satisfacer mayores exigencias y en especial tener un superior control de la oscilación de la rueda (Castro, 2001, p. 58-59).

Sistemas cantiléver

Si bien el sistema que diseñó Yamaha, fue el inicio de este tipo de suspensión, las diferentes marcas de motocicletas han realizado otras variaciones al modelo principal y así han obtenido su propio modelo, pero sin alterar la funcionalidad principal, es por eso que a continuación se detalla los diversos sistemas cantiléver que se tiene en la actualidad.

a) Sistema Mono-Cross

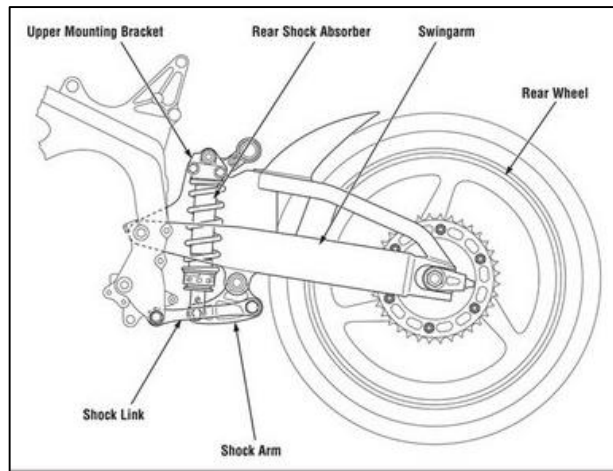


**Figura 20-2:** Sistema Mono-Cross

Fuente: (Yamaha, 2009)

Es el sistema más ocupado en su tipo debido a que permite tener motos muy bajas y por efecto se obtiene un centro de gravedad más cercano al suelo. Este modelo cuenta con tres principales elementos: la horquilla basculante, arco de la horquilla y el amortiguador a gas. La facilidad de su montaje y desmontaje de los tres elementos es una gran ventaja al momento de realizar cualquier operación de mantenimiento, además que al tener pocos elementos el espacio y el peso para este tipo de suspensión será corto (Castro, 2001, p.63).

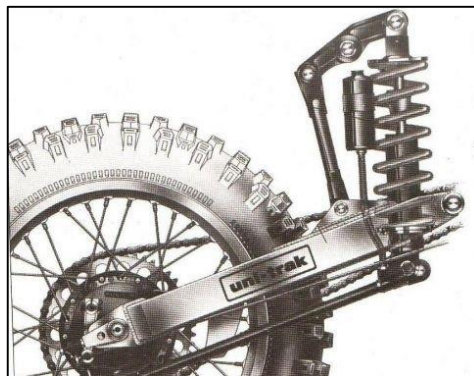
b) Sistema Pro-Link



**Figura 21-2:** Sistema Pro-Link  
Fuente: (Honda, 2013)

Sistema desarrollado por la marca HONDA, este diseño cuenta con seis partes móviles lo que hacen que esta suspensión tenga suficiente articulación. El diseño en si no es complicado ya que es un mecanismo fácil de comprender, aunque su mayor número de elementos hace el montaje y desmontaje de los elementos sea más confuso (Castro, 2001, p.65).

c) Sistema Uni-Trak



**Figura 22-2:** Sistema Uni-Trak  
Fuente: (Pinterest, n.d.)

Desarrollado por la marca Kawasaki, pero su manera de funcionar es similar al sistema Pro-Link, ya que cuenta con cuatro elementos como se observa. Su desventaja es al momento del desmontaje debido a que se tiene que sacar con toda la cadena de transmisión de la moto (Castro, 2001, p.69).

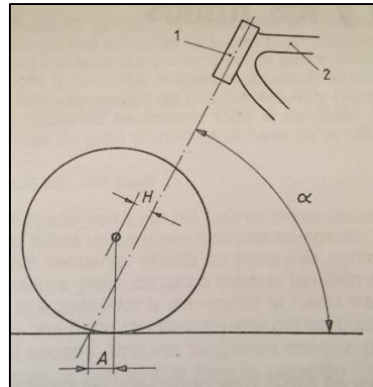
**2.4.2. Sistema de dirección**

**2.4.2.1. Introducción**

Factor importante para la estabilidad y el buen comportamiento para un vehículo, sistema encargado de guiar a la(s) rueda(s) delantera(s) por la ruta deseada del conductor. El sistema de dirección de un vehículo es un mecanismo complejo esto debido al tamaño y peso del mismo,

mientras que, en las motocicletas su diseño es más sencillo y la principal característica de la dirección de una motocicleta es el ángulo de lanzamiento para cada tipo de actividad con la motocicleta (Castro, 2001, p.73).

El diseño de la dirección es simple, ya que cuenta con elementos básicos lo que facilitan el buen uso y manejo por parte del conductor, el único problema que se tiene es la ubicación por parte del constructor ya que, al tener gran variedad de motocicletas cada una debe tener características y medidas específicas. (Castro, 2001, p.74).



**Figura 23-2:** Sistema de dirección Motocicleta  
**Fuente:** (Castro, 2001, p.74).

#### 2.4.2.2. Elementos de la dirección

##### a) Tija o vástago de dirección

El elemento principal del sistema de dirección de la motocicleta ya que va dentro de la pipeta de la dirección que está ubicada en el bastidor de la motocicleta. Esta unión de los 2 elementos permite el movimiento móvil dentro de otro fijo. (Castro, 2001, p.76).



**Figura 24-2:** Vástago de dirección  
**Fuente:** (Boonstra).

##### b) Pistas o Rodamientos

Los rodamientos o pistas que forman el conjunto de dirección de una motocicleta sirven para dar el movimiento de giro, además de reducir la fricción de elementos. Existe una pista superior

e inferior en donde se apoya la tija de dirección, estas pistas en las motocicletas son de diferente diámetro según su diseño.



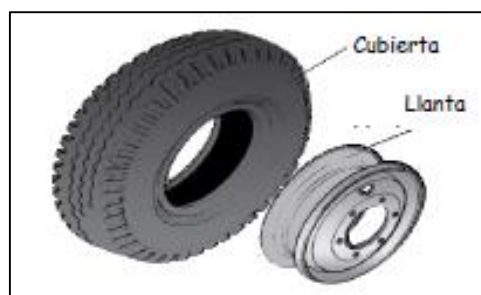
**Figura 25-2:** Pistas o rodamientos  
**Fuente:** (MotoKost, n.d).

c) Volante

Encargado de sostener los diferentes indicadores y controles de la motocicleta, su estructura es realizada por tubo liviano. Su función principal es transmitir el movimiento de giro de conductor hacia la horquilla de dirección y la rueda.

d) Ruedas

La rueda es el elemento principal de un vehículo que está en contacto con el terreno, y que sus funciones principales son: soportar peso, propulsar y frenar al vehículo. Está conformada por dos elementos que son: la llanta y el neumático o cubierta. La llanta es la parte metálica y que se fija al eje mientras que la cubierta es la parte elástica de la rueda. (Andrino, 2016, p.96).



**Figura 26-2:** Rueda  
**Fuente:** (Andrino, 2016, p.96).

*Ángulo de lanzamiento*

Él ángulo de lanzamiento no es más que la inclinación del eje que tiene hacia atrás, este valor se lo mide en grados.

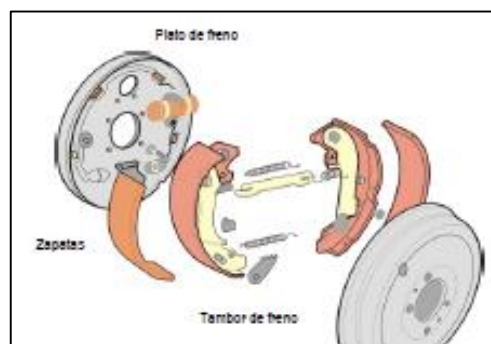
### 2.4.3. Sistema de frenos

#### 2.4.3.1. Introducción

El sistema de frenos es un conjunto de elementos cuyo objetivo es disminuir la velocidad o mantener inmóvil a un vehículo, esta acción depende del conductor. Al momento de la acción de frenada se transforma la energía mecánica en calorífica ya que se tiene el rozamiento de una parte fija y otro móvil. La energía calorífica que se genera se disipa en la atmósfera, según los elementos que se ocupe se tiene el tipo de sistema de freno (Andrino, 2016, p.118).

#### 2.4.3.2. Tipos de sistemas de frenos

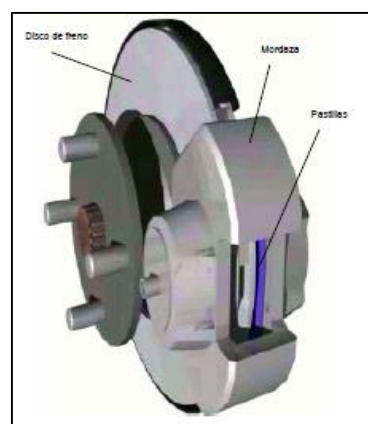
##### a) Frenos de Tambor



**Figura 27-2:** Frenos de Tambor  
Fuente: (Andrino, 2016, p.118).

Utiliza la fricción para controlar las ruedas, cuando se acciona el freno y mediante las zapatas que actúan sobre la superficie interna del tambor se disminuye la velocidad de giro de la rueda del vehículo, la cual se encuentra en la parte externa del tambor. Este tipo de freno es utilizado en su mayoría cuando requiere controlar vehículos de gran tamaño o que sirven para transporte de carga debido a la gran fuerza de frenado que se puede obtener (Andrino, 2016, p.119).

##### b) Frenos de Disco



**Figura 28-2:** Frenos de Disco  
Fuente: (Andrino, 2016, p.119).

El funcionamiento del sistema de disco, se basa en una parte móvil que en este caso es el disco y una parte fija que son las pastillas. Al momento de accionar el pedal de freno las pastillas que se encuentran dentro de la mordaza actúan friccionando con el disco para reducir la velocidad de giro de la rueda, la rueda va acoplada en el disco de freno. Las ventajas principales de este tipo de freno es la distancia de frenado que disminuye y la mayor cantidad de refrigeración que posee a diferencia del sistema de frenos de tambor. (Andrino, 2016, p.119).

#### c) Avances en el sistema de frenos

El sistema de frenos es un factor importante dentro de la seguridad de un vehículo, es por eso que cada día se presenta nuevos avances en este sistema, como: los sistemas de accionamiento, nuevos materiales, diseños innovadores, etc.

Dentro de lo que se refiere al sistema de accionamiento podemos decir que se tiene un freno convencional que utiliza un líquido como agente de trabajo, desde hace tiempo atrás se ha venido ocupando el sistema de accionamiento neumático, en donde el agente de trabajo es el aire comprimido (Andrino, 2016, p.119-120).

Los materiales utilizados para la construcción de los elementos del sistema han ido evolucionando ya que se tiene mayores necesidades, los frenos carbocerámicos se han introducido al mercado por las ventajas que presenta. Una de ellas es la temperatura a la que puede seguir trabajando correctamente (Coches, 2017).

#### **2.4.4. Palier o semieje de transmisión**

Los ejes tienen la función principal de soportar piezas móviles que generalmente son poleas, tambores, ruedas, etc. su diseño varía según el tipo de aplicación y suspensión que posea en este caso el vehículo, Transmite el giro desde el diferencial hacia las ruedas motrices, estos elementos están sometidos a esfuerzo de torsión y flexión por el mismo hecho de que transmiten un movimiento (Meganeboy, 2014).



**Figura 29-2: Palier**

Fuente: (Meganeboy, 2014).

##### 2.4.4.1. Materiales

Existe diferentes materiales para la mecanización de un palier, la selección del material va a depender del trabajo que vaya a realizar, son múltiples las aplicaciones para estos elementos en donde van a estar sometidos a cargas reversibles las cuales generaran una falla por fatiga.

Un material de un semieje de transmisión debe presentar las siguientes características:

- Alta resistencia
- Buena rigidez
- Poca inercia

Además de poseer un tratamiento térmico ya que la gran resistencia de un material se logra con el tratamiento térmico final que se le aplica.

Los materiales preferidos para este tipo de elemento pertenecen a la clasificación del Instituto Americano del Hierro y del Acero (AISI), los cuales son;

- **AISI 1010 Y AISI 1020.** Son utilizados en semiejes poco cargados.
- **AISI 1045.** Es el más utilizado debido al costo moderado y su porcentaje mayor de carbono.
- **AISI 4140.** Es un acero al cromo molibdeno bonificado, que se utiliza en necesidades de alta resistencia mecánica tales como ejes bien cargados.
- **AISI 4340.** Acero al cromo níquel molibdeno bonificado (Díaz, 2011, p.5).



## CAPÍTULO III

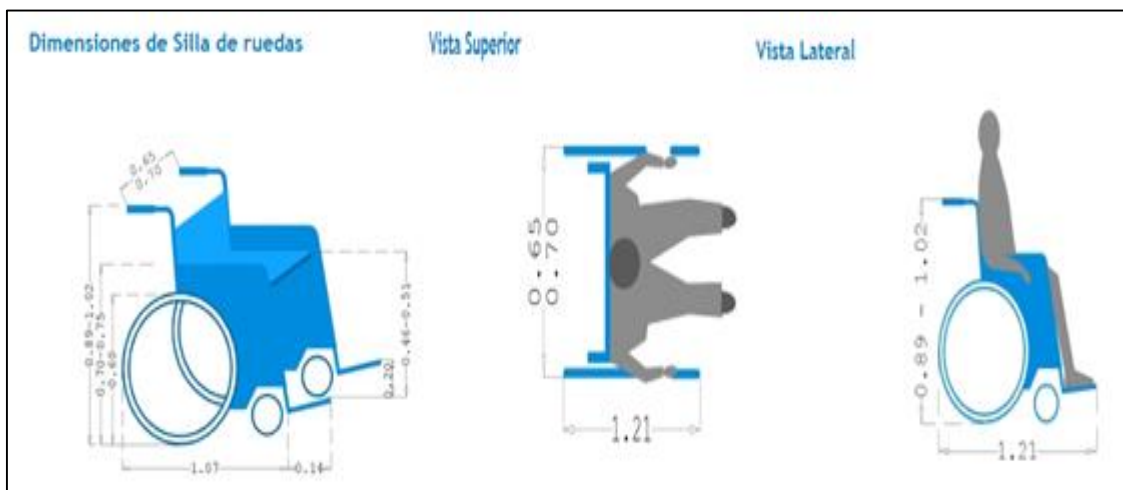
### 3. DISEÑO DEL BASTIDOR Y SISTEMAS MECÁNICOS

#### 3.1. Diseño del bastidor

Se definió el modelo en el aspecto estético mediante la creación de los primeros bocetos, tomando en cuenta las medidas mediante la utilización de software CAD, posteriormente la selección de materiales a ser utilizados y el adecuado proceso de fabricación, con la ayuda de software CAE junto con la capacidad de cálculo del ordenador facilita el trabajo de enormes cantidades de cálculo matemático, de tal manera de asegurar el funcionamiento del bastidor ante distintas condiciones de funcionamiento.

##### 3.1.1. Parámetros de diseño del bastidor

Para el diseño del bastidor se consideró parámetros que permitan satisfacer las necesidades de un usuario de silla de ruedas que presente paraplejía. Uno de los principales parámetros que se tomó en cuenta son las dimensiones que debe poseer el bastidor en base a las medidas de una silla de ruedas estándar con su ocupante, con lo cual facilite su acceso al vehículo monoplaza; esto junto al material a utilizar determinaron el peso del vehículo el mismo que debe ser ligero ya que influye directamente en la potencia del sistema de propulsión.



**Figura 30-3:** Dimensiones de una silla de ruedas

Fuente: (Una ciudad para todos)

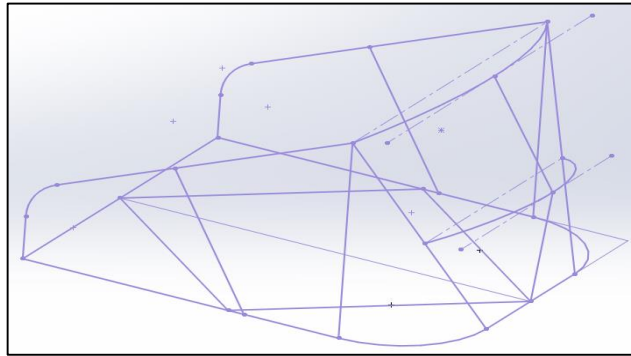
El bastidor es el elemento que debe soportar el peso del usuario con su silla de ruedas, así como los componentes propios del vehículo tales como luces, tablero, baterías, etc. Además, que en el mismo se fijan los sistemas mecánicos como el sistema de dirección, suspensión y acceso del usuario por lo que debe proporcionar características de resistencia y rigidez.

### 3.1.2. Alternativas de diseño

Para el modelado de las diferentes alternativas de diseño del bastidor se lo realizó mediante el diseño asistido por computador, ya que mediante un conjunto de herramientas facilita la conceptualización del diseño.

#### 3.1.2.1. Alternativa de modelado 1

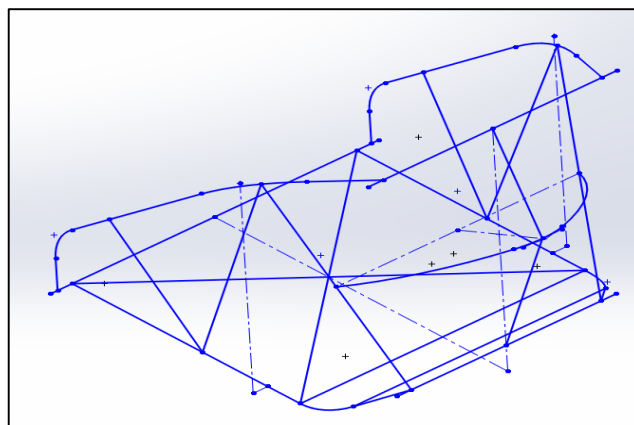
Tomando en cuenta las dimensiones de una silla de ruedas estándar junto con su ocupante se ha establecido la siguiente alternativa de diseño, el mismo que se caracteriza de poseer un amplio espacio para el ocupante, así como para los elementos propios del vehículo e implementos que el usuario desee llevar a bordo. La principal ventaja que posee este diseño en cuanto a espacio es la facilidad de acceso y movilidad dentro del mismo.



**Gráfico 1-3:** Alternativa de modelado 1  
Realizado por: Los autores

#### 3.1.2.2. Alternativa de modelado 2

La siguiente alternativa se caracteriza en poseer dimensiones mucho más ajustadas a las medidas del usuario con su silla de ruedas, la ventaja de este diseño es que el material a utilizar para la construcción del mismo es menor por lo tanto se reduce el peso, además que cuenta con el espacio necesario para su acceso.



**Gráfico 2-3:** Alternativa de modelado 2  
Realizado por: Los autores

### 3.1.2.3. Análisis de alternativas

Al analizar las dos alternativas de diseño se optó por seleccionar la alternativa 2, ya que el vehículo es monoplaza y está destinado únicamente a facilitar la movilidad del usuario y no para carga extra, con lo cual se reduce el peso y costos de material, además que se reduce la potencia necesaria para impulsar el vehículo por parte del sistema de propulsión.

### 3.1.3. Selección de alternativas de materiales

Para llegar a una solución viable se estableció varias alternativas en cuanto a materiales que se pueden usar para la construcción del bastidor de tal manera que satisfaga las necesidades del usuario. Para lo cual se propuso las siguientes alternativas:

- Tubo redondo de acero A-500 galvanizado.
- Tubo redondo de acero A-500 negro.
- Tubo redondo de aluminio.

#### 3.1.3.1. Criterios de evaluación

**Costo:** el costo de los materiales determina en gran medida el costo final del producto, por lo que debe ser considerado el costo más conveniente.

**Peso específico:** el bastidor del vehículo debe ser construido con materiales ligeros, debido a que el peso influye directamente en la potencia requerida por el sistema de propulsión que permita dar movimiento al vehículo.

**Tabla 1-3:** Alternativas para la selección de materiales, peso específico

Propiedad	Acero estructural galvanizado ASTM A 500	Acero estructural ASTM A 500	Aluminio 6061-T6
Peso específico (Kg/m <sup>3</sup> )	7850	7850	2580

Fuente: INGEMECANICA

Realizado por: Autores

**Propiedades mecánicas:** el bastidor debe poseer rigidez y resistencia, de tal manera que brinde seguridad al usuario en distintas condiciones.

**Ensamblaje:** el material a utilizar debe permitir la facilidad de ensamblaje con los equipos que se posee en el medio, tomando en cuenta el costo del proceso a utilizar.

**Adquisición:** el material debe estar disponible en el medio para su adquisición, de tal manera que no incurra en gastos extras.

### 3.1.3.2. Matriz de selección

Mediante la matriz de selección se clasificó de manera jerárquica las alternativas propuestas mediante criterios de evaluación los cuales se les asignó un valor de priorización entre 0 y 1, cada alternativa se valoró entre una calificación de 1 y 10, siendo 10 lo más cercano a lo ideal y 1 lo más lejano, el resultado del producto entre el valor de priorización de cada criterio y la calificación es la ponderación para cada alternativa.

**Tabla 2-3:** Matriz de selección de materiales para el bastidor.

Crterios	Acero galvanizado	Acero estructural	Aluminio
Costo (0.20)	8	9	7
Propiedades mecánicas (0.25)	9	9	10
Ligereza (0.20)	7	7	10
Ensamblaje (0.25)	10	10	7
Adquisición (0.10)	10	10	7
Puntaje total	8.75	<b>8.95</b>	8.35

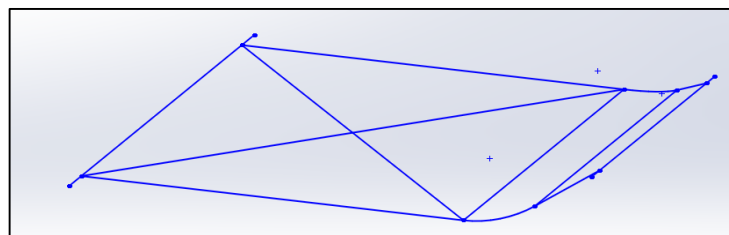
Fuente: Autores

Realizado por: Autores

Al evaluar los diferentes criterios en la matriz de selección se determinó que el material a utilizar para el diseño y construcción del bastidor es el acero estructural ASTM A-500.

### 3.1.4. Optimización en el diseño del bastidor

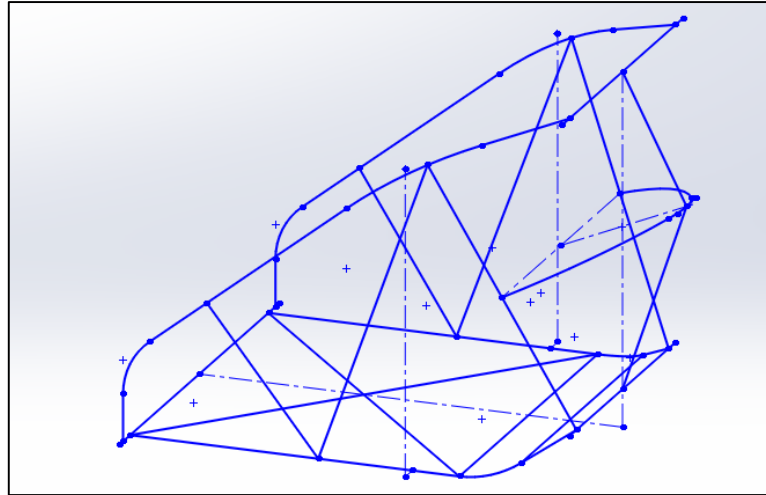
Una vez seleccionada la alternativa del modelado geométrico se realizó la optimización del diseño final, tomando en consideración las medidas de una silla de ruedas estándar utilizados por usuarios con condiciones de paraplejia, el diseño empezó desde el modelado geométrico de la base del bastidor que soporta el peso del usuario.



**Gráfico 3-3:** Modelado de la base del bastidor

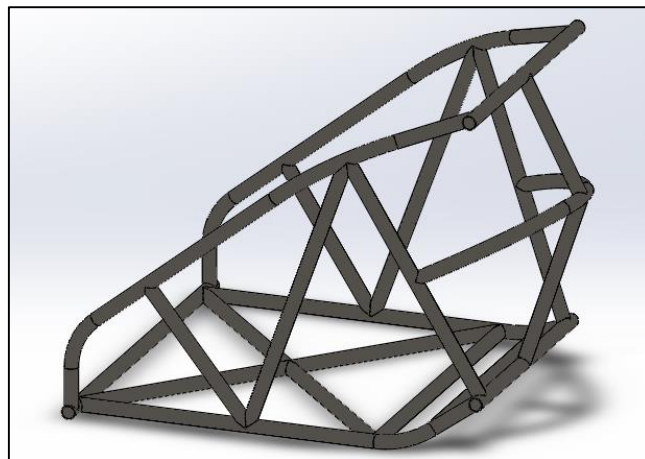
Realizado por: Los autores

A partir de la base se realizó el modelado geométrico de la estructura frontal y laterales del bastidor, de manera que la geometría y dimensiones permitan el ensamblaje de los sistemas mecánicos del vehículo monopla.



**Gráfico 4-3:** Modelado final del bastidor  
Realizado por: Los autores

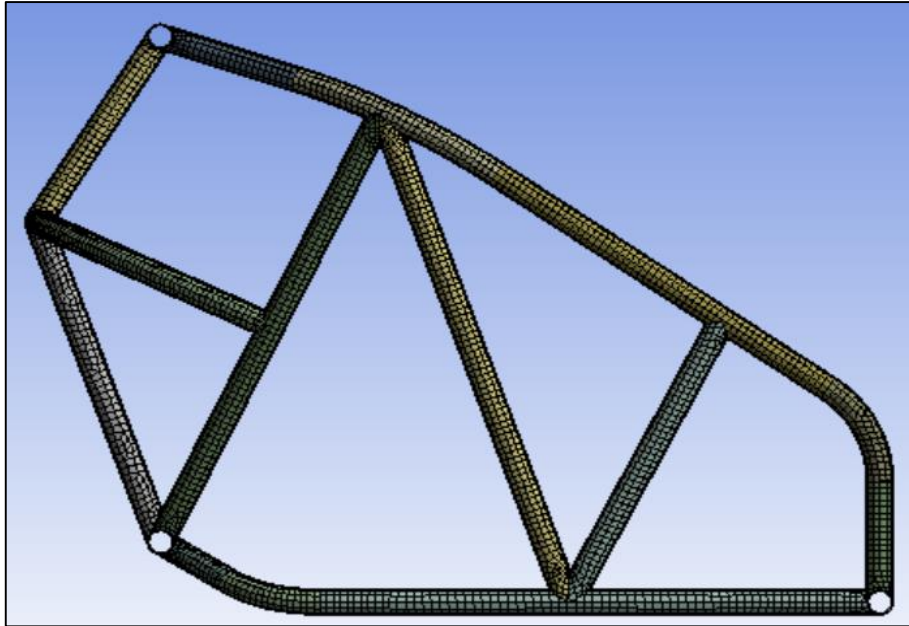
Finalmente se obtuvo el diseño final del bastidor para lo cual se utilizó tubo redondo de acero estructural de diámetro de  $1\frac{1}{4}$  pulg y un espesor de 2mm, para posteriormente realizar las respectivas simulaciones y análisis del comportamiento de la estructura ante cargas.



**Gráfico 5-3:** Diseño CAD del bastidor  
Realizado por: Los autores

### 3.1.5. Análisis estático

Al finalizar el diseño mediante el software CAD se procedió a la simulación por medio de software CAE (ANSYS), en el análisis estático se considera cargas aplicadas con lentitud, o que por lo general se mantienen constantes como lo son el peso del usuario, la batería, el motor, accesorios del vehículo y sistemas mecánicos; con el objetivo de analizar el esfuerzo máximo, la deformación, y el factor de seguridad de la estructura. Para lo cual se procedió a generar el mallado del elemento.



**Gráfico 6-3:** Mallado del bastidor  
**Realizado por:** Los autores

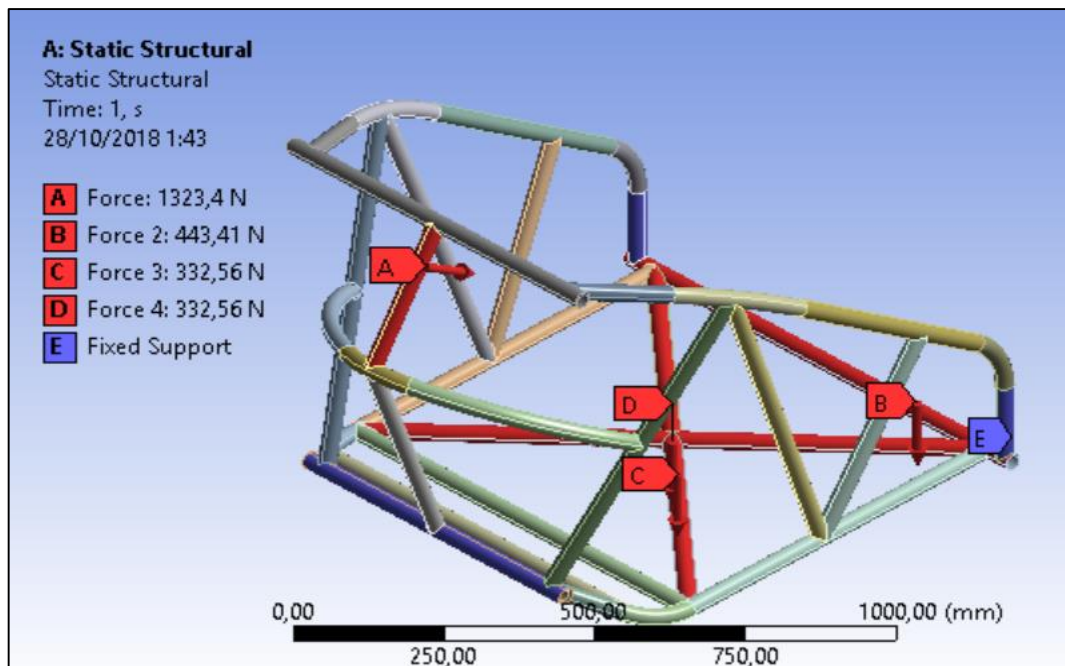
Se determinó los soportes fijos y los elementos críticos de la estructura sobre los cuales existe la mayor concentración de esfuerzos, se determinó cuatro elementos.

**Tabla 3-3:** Pesos muertos.

Componente	Peso (Kg)
Bastidor	21,9
Usuario	80
Silla de ruedas	20
Batería	11
Módulos	2

**Fuente:** Autores

**Realizado por:** Autores



**Gráfico 7-3:** Cargas aplicadas sobre el bastidor  
 Realizado por: Los autores

Como se muestra en el Gráfico 7-3 en el elemento A del bastidor es donde se ensambló el mecanismo de la dirección por lo que existe una carga a causa de la reacción del peso del bastidor y los demás pesos muertos que soporta la estructura, cuyo peso total es de 134,9 Kg. Para los elementos B, C y D se consideró el peso de correspondiente al peso muerto que debe soportar el bastidor, cuyo peso total es de 113 Kg, cuyo peso se divide 33,9 Kg para el elemento C y D respectivamente y 45,2 Kg para el elemento B.

En la siguiente tabla se especifica los valores de las cargas que actúan en cada elemento crítico de la estructura, los mismos que son ingresados en el software.

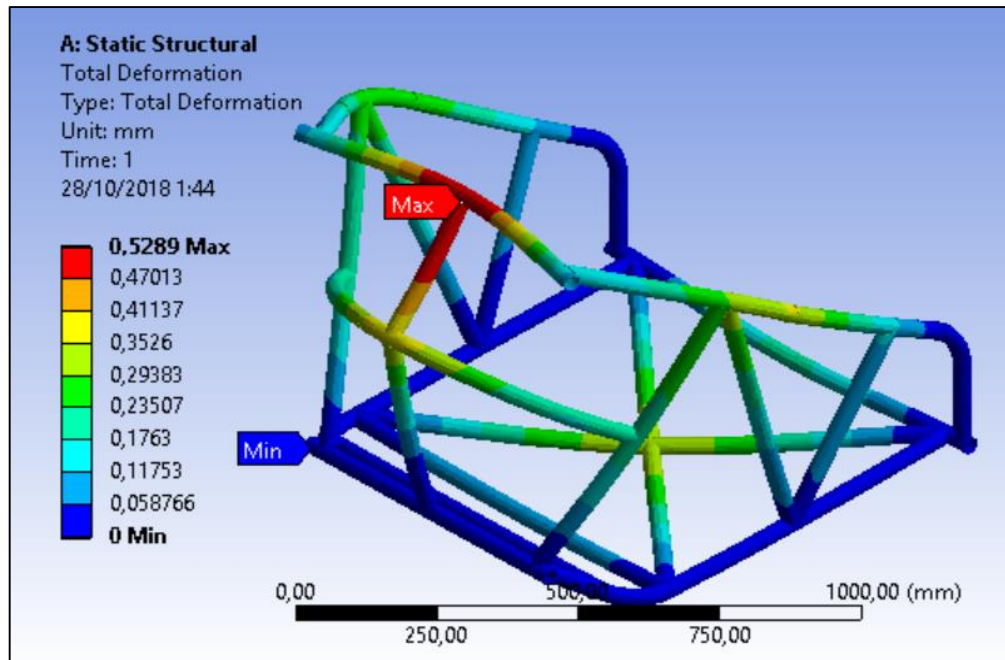
**Tabla 4-3:** Valor de cargas que actúan sobre elementos críticos del bastidor

Componente Elemento	Peso (Kg)	Peso (N)	Fx (N)	Fy (N)	Fz (N)
Elemento A	134,9 Kg	1323,37	0	-701,28	-1122,28
Elemento B	45,2 Kg	443,41	0	-443,41	0
Elemento C	33,9 Kg	332,56	0	-332,56	0
Elemento D	33,9 kg	332,56	0	-332,56	0

**Fuente:** Autores  
**Realizado por:** Autores

Con los datos ingresados de las cargas en el software se obtuvo una deformación máxima de 0,5289 mm en la zona pintada de rojo del elemento A, que corresponde a donde se ensambla el sistema de dirección, como se muestra en el gráfico 8-3.

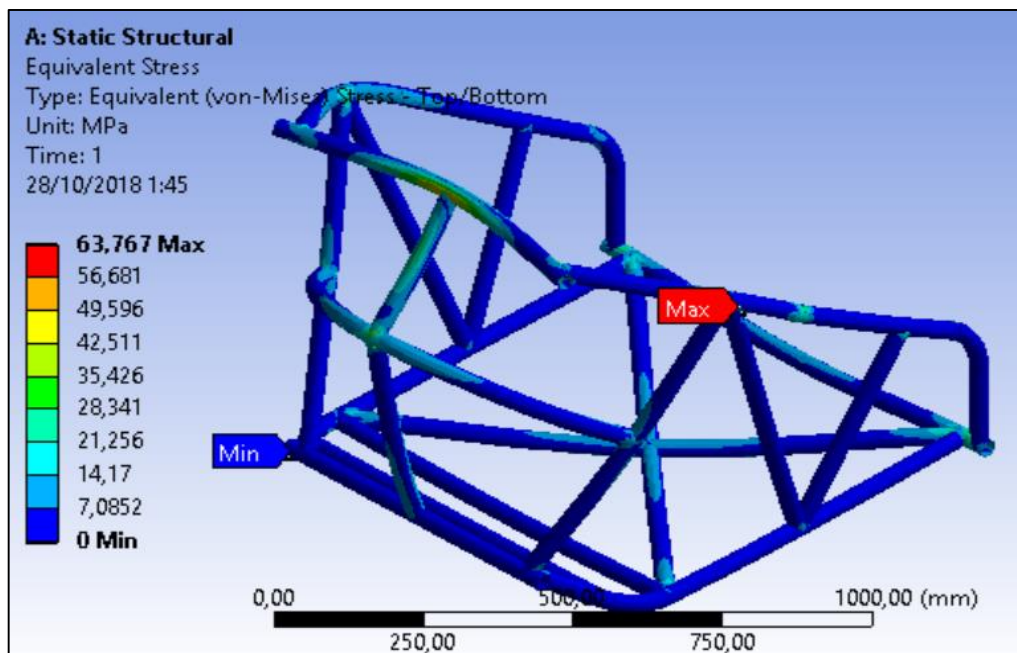




**Gráfico 8-3:** Resultados de la deformación total.

Realizado por: Los autores

El esfuerzo equivalente de Von-Mises máximo fue de 63,767 MPa, cuyo valor es inferior al límite elástico del material, correspondiente a 250 Mpa.

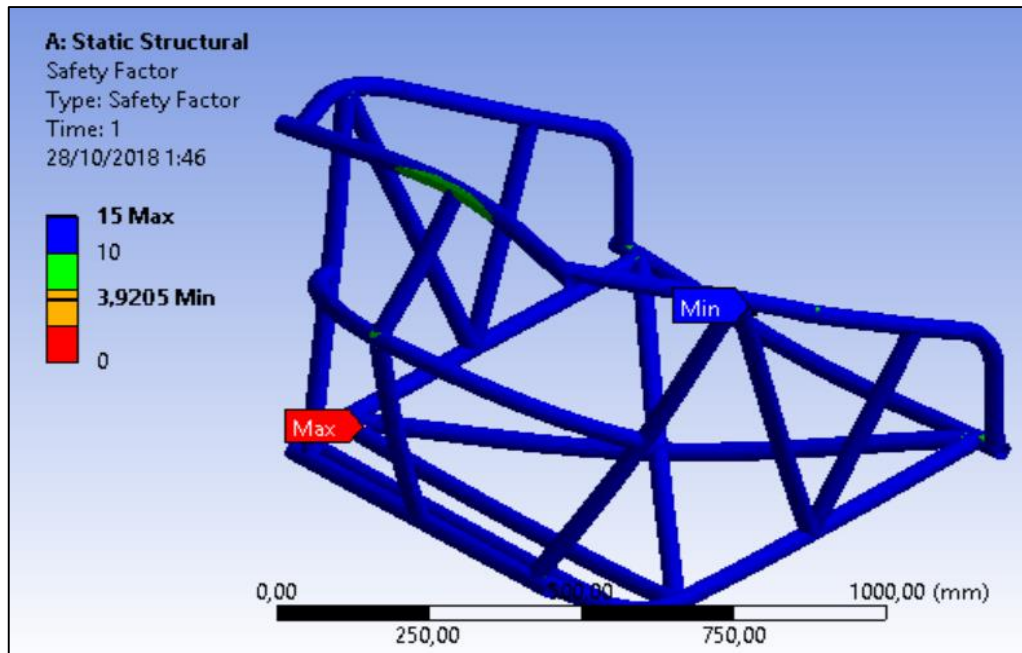


**Gráfico 9-3:** Resultados del esfuerzo equivalente.

Realizado por: Los autores

El factor de seguridad es una medida relativa que relaciona el esfuerzo real que soporta el elemento y el esfuerzo al que va a estar sometido el elemento, para lo cual el factor de seguridad debe ser mayor a 1 para garantizar un correcto funcionamiento y evitar fallas.





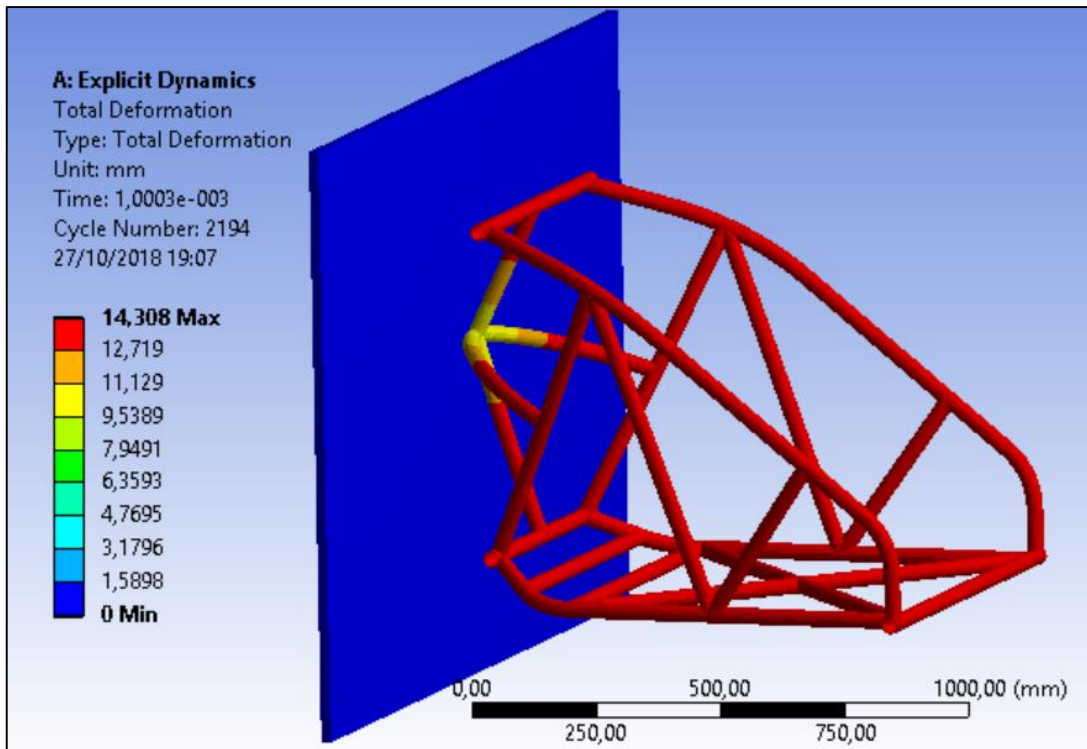
**Gráfico 10-3:** Resultados del factor de seguridad.  
 Realizado por: Los autores

Al aplicar las cargas en los elementos críticos del bastidor se obtuvo un factor de seguridad mínimo de 3,9205 debido a varios factores como el proceso de manufactura en la construcción del bastidor como la soldadura y el doblado de tubos se dan variaciones en las propiedades mecánicas del material, los mismos que no son considerados para la simulación en el software CAE; de la misma manera las cargas consideradas son aproximaciones que pueden ser alteradas y considerando que la función del bastidor es albergar al usuario existe riesgo para su integridad el factor de seguridad debe ser mucho mayor que 1 por lo tanto el resultado obtenido fue satisfactorio.

### 3.1.6. Análisis de impacto

En un impacto se producen cargas de forma repentina o simultánea sobre la estructura, este análisis es de suma importancia ya que el vehículo está destinado a circular por las vías de la ESPOCH por lo que puede sufrir un choque contra algún objeto, para lo cual se realizó la simulación en el software ANSYS para obtener datos de deformación y esfuerzos en la estructura al momento del impacto.

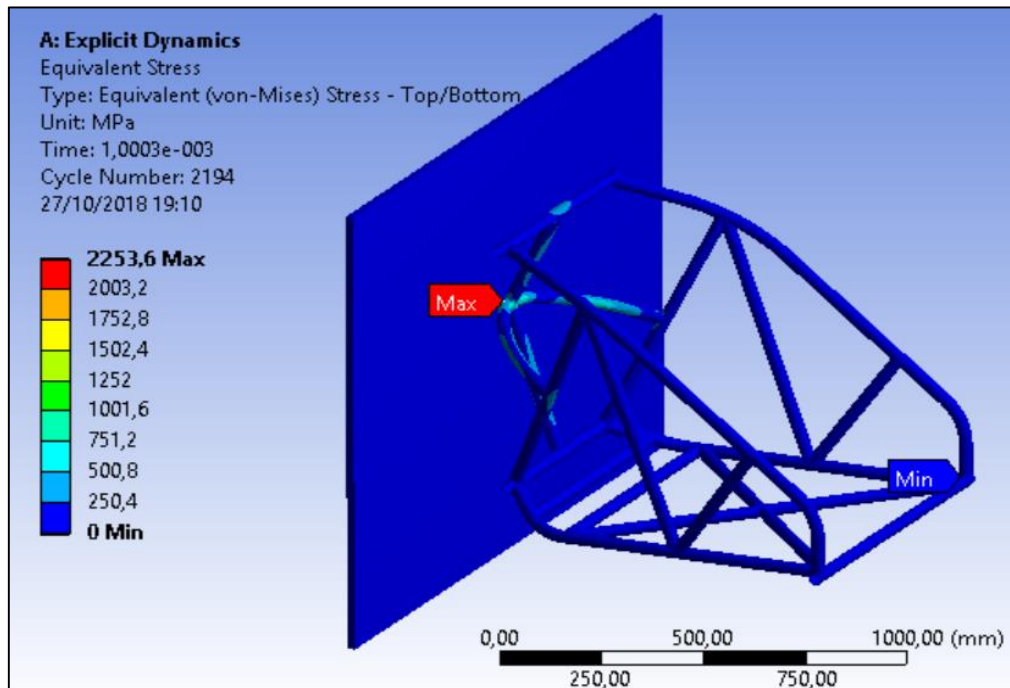
La velocidad máxima permitida para los vehículos dentro de la ESPOCH es de 30 km/h, pero se consideró una velocidad mayor a la que podría suceder el impacto de 50 km/h, para lo cual se ingresó este dato en el software, para analizar la deformación que se produce en un impacto, la misma que no debe ser tan grande con el objetivo de que el bastidor cumpla su función de albergar y proteger la integridad de la persona.



**Gráfico 11-3:** Deformación total del bastidor ante un impacto.

Realizado por: Los autores

Se obtuvo una deformación máxima de 14,308 mm en el instante de la colisión, como se puede observar en el Gráfico 11-3, con lo cual se pudo determinar que no existe una deformación que pueda afectar a la integridad de la persona.



**Gráfico 12-3:** Esfuerzo máximo ante un impacto.

Realizado por: Los autores

Como se indica en el Gráfico 12-3 el esfuerzo máximo fue de 2253,6 MPa con lo que sobrepasó al límite elástico del material utilizado, dando como resultado una deformación plástica o permanente, además que es mayor al esfuerzo último a la tracción de 460 Mpa por lo que el elemento falla.

### **3.2 Diseño de la suspensión**

Una vez ya estudiado los diferentes sistemas de suspensión que pueden ser utilizados para el vehículo monoplaza, se dispuso el diseño de la suspensión, para lo cual se estableció las diferentes ideas de diseño con el fin de seleccionar el que mejor se acerque al óptimo desempeño. Cabe mencionar que el vehículo posee un sistema de suspensión delantera y trasera, por lo cual se les va a tratar de manera independiente.

#### **3.2.1. Suspensión delantera**

Dentro de la suspensión delantera del vehículo se optó por implementar el sistema de suspensión de una motoneta, el cual cuenta con una suspensión de horquilla telescópica convencional. Dentro de los elementos que consta este tipo de suspensión son: la horquilla convencional, las botellas, las barras y los muelles, así como se observa en el gráfico 13-3:



**Gráfico 13-3:** Suspensión delantera.  
Realizado por: Los autores

En virtud de que la suspensión delantera del vehículo, tiene relación directa con el tipo de dirección, se debe tomar en cuenta la calidad de elementos, es por eso que se decide utilizar dicha suspensión. Además de que se toma en cuenta el ángulo de lanzamiento que se estableció al inicio para el diseño de la estructura del bastidor, dicho ángulo posee un valor aproximado a 32°, con este valor se trata de asegurar la maniobrabilidad y estabilidad del vehículo.

### 3.2.2. Suspensión trasera

La suspensión trasera tiene como fin soportar el mayor peso del vehículo, por lo cual la selección de su diseño será importante. Cabe mencionar que las alternativas de diseño que se presentan se encuentran dentro del tipo de sistemas cantiléver, ya que ofrece una mayor rigidez.

#### 3.2.2.1. Alternativas

Se presenta tres alternativas, las cuales ofrecen la posibilidad de variar su diseño central y adaptarlos al vehículo monoplaza. A continuación, se observa un cuadro en donde se detalla las características principales de cada sistema:

**Tabla 5-3:** Características de los sistemas de suspensión

<b>Sistema Mono-Cross</b>	<b>Sistema Pro-Link</b>	<b>Sistema Uni-Trak</b>
3 elementos	6 elementos	4 elementos
Centro de gravedad bajo	Alta articulación	Conjunto compacto
Fácil modificación	Modificación Compleja	Desmontaje complejo
Ocupa poco espacio	Gran espacio	Espacio considerable

Fuente: CASTRO, 2001. (Biblioteca técnica y práctica de la Motocicleta)

Realizado por: Los Autores

Una vez que se ha familiarizado con las características de los sistemas de suspensión, se procede a la evaluación de los mismos con el fin de obtener la mejor alternativa para el vehículo.

#### 3.2.2.2. Matriz de selección

La matriz de selección contiene parámetros de evaluación los cuales permiten seleccionar la opción más adecuada según el factor de ponderación (FP) que se establezca. A través de la matriz que se crea a continuación, se establece el diseño de suspensión adecuada para el vehículo.

**Tabla 6-3:** Matriz de selección de la suspensión trasera

<b>Parámetros de selección</b>	<b>FP</b>	<b>Sistema MONO-CROSS</b>	<b>Sistema PRO-LINK</b>	<b>Sistema UNI-TRAK</b>
Menor número de elementos	0,35	x		
Costo	0,3		x	x
Fácil instalación	0,25	x		
Espacio	0,1	x		x
	$\Sigma$	0,7	0,3	0,4

Fuente: Autores

Realizado por: Autores

La matriz de selección da como resultado que el sistema de suspensión Mono-Cross es el adecuado para el vehículo, ya que luego de evaluar los diferentes parámetros nos da un valor mayor al resto.

### 3.2.2.3. Diseño de la suspensión trasera

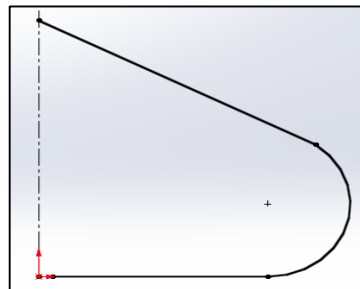
Una vez seleccionado el tipo de suspensión trasera para el vehículo se procede a su diseño. El sistema Mono-Cross ofrece la facilidad de modificación, es por eso que se varia su diseño, pero sin perder su principio de funcionamiento.

El motivo de la modificación se debe a que el vehículo es de tres ruedas y en la parte posterior posee dos, por lo cual el sistema de suspensión será independiente para cada rueda. A continuación, se procede al diseño de cada elemento perteneciente a la suspensión:

#### ***Elementos***

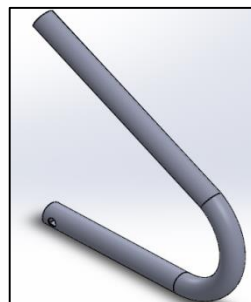
##### *Brazo de suspensión*

La estructura principal del sistema de suspensión trasera es el brazo de suspensión, este vendría a reemplazar la horquilla oscilante del diseño inicial, el cual inicia con un boceto que cumple las condiciones de acople y rigidez necesaria para soportar a los demás elementos.



**Gráfico 14-3:** Boceto del brazo de suspensión trasera.  
**Realizado por:** Los autores

Al tener el boceto del brazo se estableció un perfil de tubo redondo con el objetivo de observar las condiciones reales del brazo, para posibles mejoras.



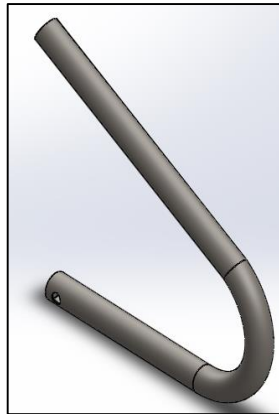
**Gráfico 15-3:** Brazo de suspensión.  
**Realizado por:** Los autores

El perfil del tubo que se implementó posee:

Diámetro exterior	31,75mm	Espesor	2 mm
-------------------	---------	---------	------

El brazo de suspensión debe presentar características esenciales como una buena resistencia mecánica y dureza para soportar las vibraciones sin afectar su configuración, para este fin se tiene una gran variedad que pueden cumplir con estos requerimientos, pero se decide ocupar el mismo material con el cual se construye el bastidor ya que presenta varias ventajas las cuales se observan en la matriz de selección del material del bastidor.

Aplicando el material ASTM A-500 se visualiza el aspecto final del brazo de suspensión.



**Gráfico 16-3:** Brazo de suspensión final.  
Realizado por: Los autores

#### *Amortiguador de gas*

El diseño propio del sistema de suspensión Mono-Cross tiene un amortiguador de gas, es por eso que se ha decidido mantener este tipo de amortiguador ya que presta una gran rigidez, además que la principal ventaja es tener un centro de gravedad bajo lo que se necesita en el vehículo monoplaza para tener un fácil acceso. El amortiguador seleccionado es de marca CNK, el cual se dispone en el mercado ecuatoriano.



**Gráfico 17-3:** Amortiguador de gas.  
Realizado por: Los autores

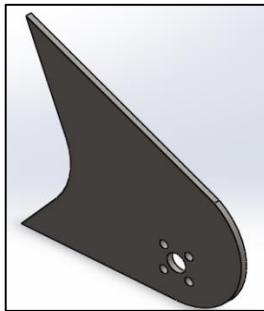
### *Placa*

La placa es un valor adicional al brazo de suspensión ya que, al ser un sistema independiente en cada rueda, el eje de acople necesita una base para conectarse con la suspensión y esta función realiza la placa. Conjuntamente la placa dentro del brazo de suspensión del diseño ayuda a la disipación de esfuerzos que se produzcan en la suspensión.

El material que se ocupa para la mecanización de la placa es el ASTM A36 debido a que posee las siguientes ventajas:

- Fácil de soldar, cortar y dar forma.
- Alta resistencia
- Durabilidad.

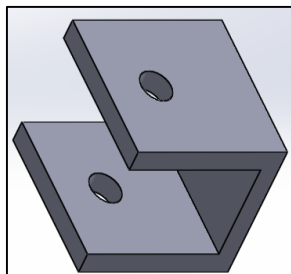
Ya el diseño final de la placa con los diferentes orificios que debe poseer para soportar al eje de transmisión y con el material ASTM A36 con un espesor de 6mm queda de la siguiente manera:



**Gráfico 18-3:** Placa.  
Realizado por: Los autores

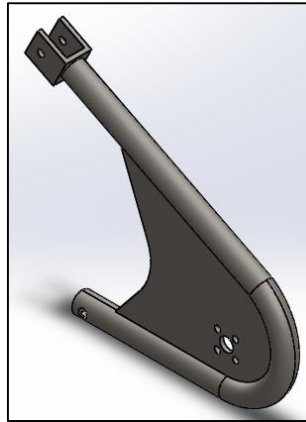
### *Acople*

Este es el elemento que une el brazo de suspensión con el amortiguador de gas, para así conectar la suspensión con la estructura principal. Está diseñado con el mismo material de la placa de la suspensión.



**Gráfico 19-3:** Acople.  
Realizado por: Los autores

Una vez ya con el diseño en el software CAD de todos los elementos que posee la suspensión trasera del vehículo se procede a un ensamble para tener la vista final de la misma, con el fin de luego realizar el análisis estático del modelo de suspensión, para asegurar su funcionamiento.

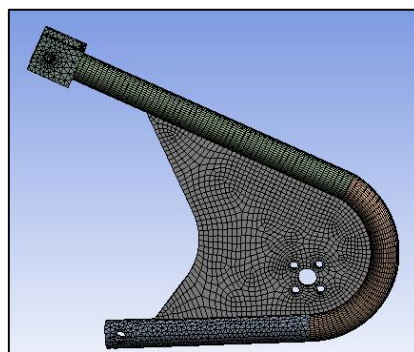


**Gráfico 20-3:** Suspensión trasera en CAD.  
Realizado por: Los autores

#### 3.2.2.4 Análisis estático

Ya con el diseño en software CAD de cada elemento del sistema de suspensión, se procedió a utilizar el software CAE (ANSYS) para ejecutar una simulación de la suspensión con la aplicación de fuerzas, esto se hace para obtener datos como: el esfuerzo máximo, la deformación y el factor de seguridad con el fin de determinar si el sistema de suspensión que se ha diseñado cumple con las condiciones de seguridad y estabilidad para un vehículo.

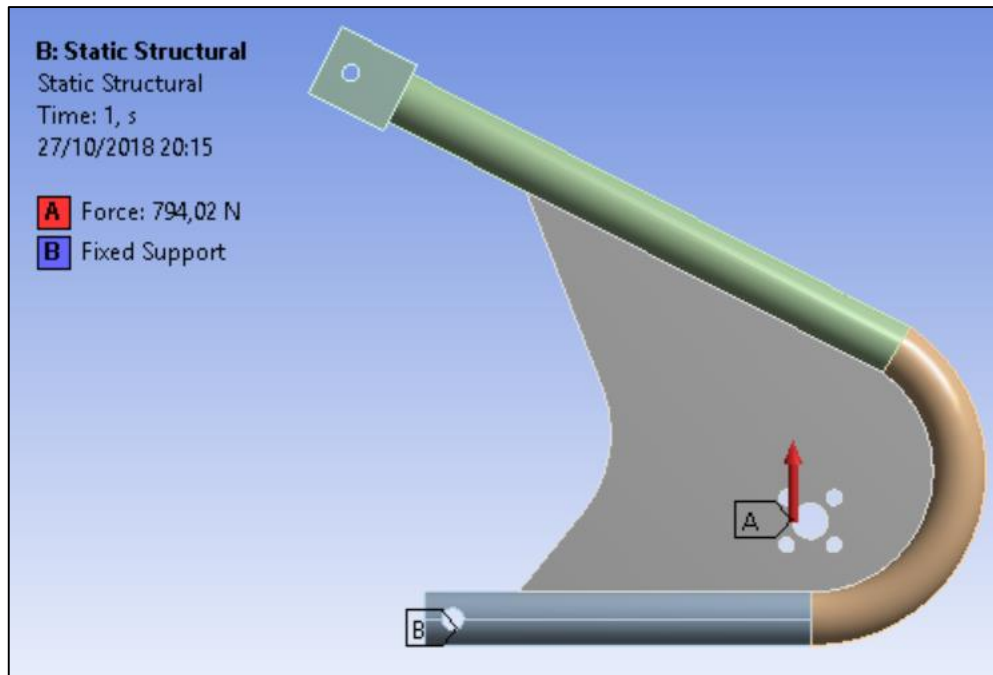
En primer lugar, lo que se realizó es el mallado del sistema de suspensión además de establecer su punto fijo.



**Gráfico 21-3:** Mallado de la suspensión trasera.  
Realizado por: Los autores

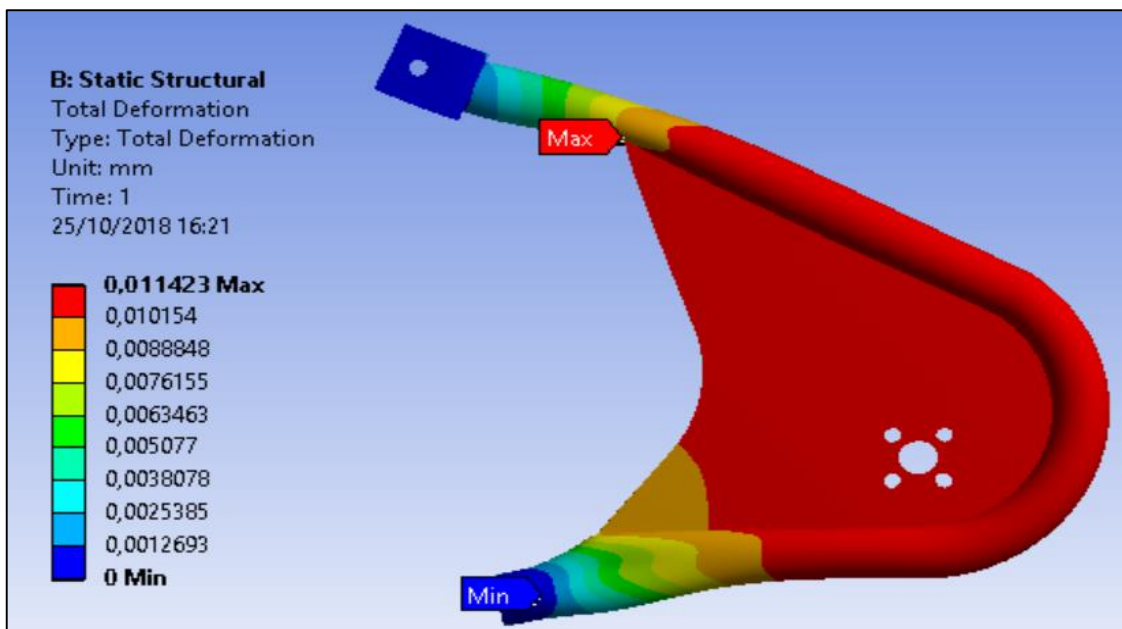
Como ya se mencionó, la suspensión trasera es independiente para cada rueda, por lo cual la fuerza que actúa en cada rueda para el análisis tiene un valor de 794,02 N y se aplica en los orificios donde irá alojado el eje que soporte a cada rueda trasera.





**Gráfico 22-3:** Carga aplicada sobre la suspensión.  
 Realizado por: Los autores

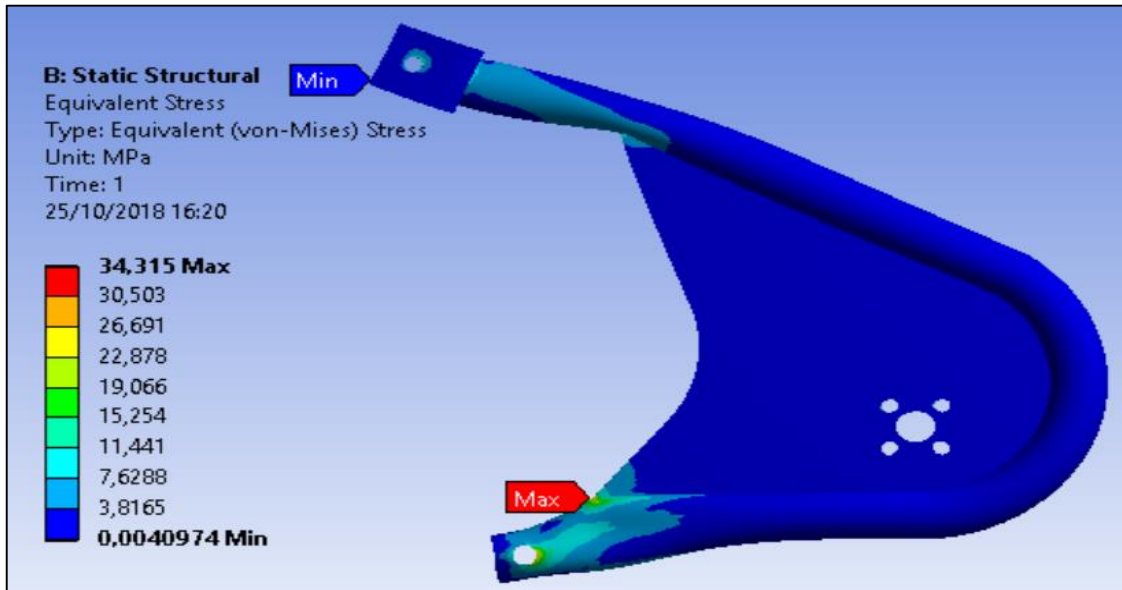
Una vez ya definido el soporte, la carga aplicada en la suspensión e ingresados al software se obtiene una deformación máxima con un valor de 0,011423 mm, lugar que se observa de color rojo en la parte de la placa, esto se debe a que en esa parte actúa la fuerza, pero cabe mencionar que el valor de dicha deformación máxima es relativamente pequeño.



**Gráfico 23-3:** Resultados de la deformación total de la suspensión trasera.  
 Realizado por: Los autores

Con respecto al esfuerzo equivalente de Von-Mises máximo es de 34,315 MPa, teniendo en cuenta que la suspensión es el ensamble de tres elementos diferentes, al momento de comparar

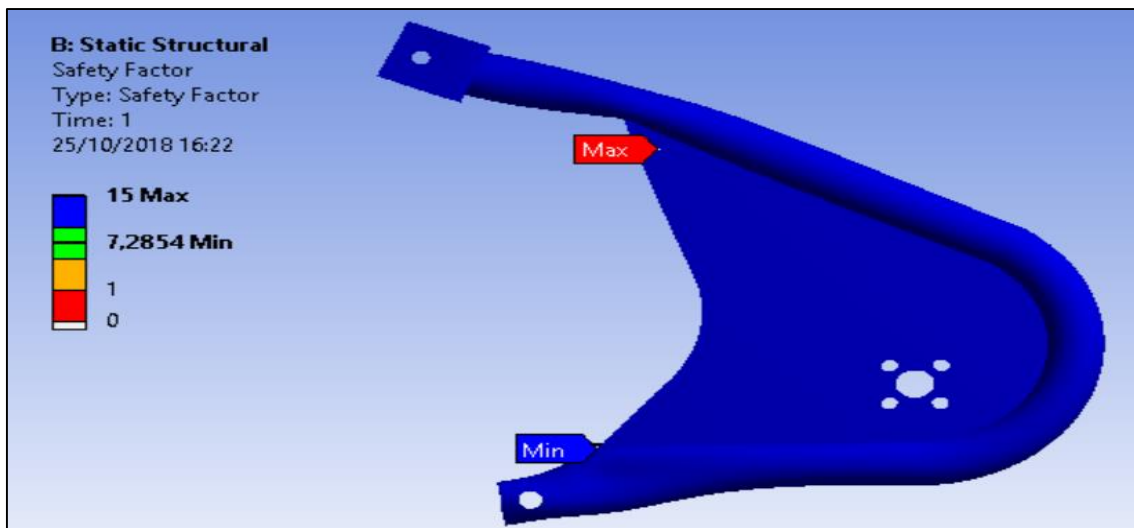
al esfuerzo equivalente del material del brazo cuyo valor es de 250 MPa, se determina que el valor es inferior.



**Gráfico 24-3:** Resultado del esfuerzo equivalente de la suspensión trasera.

**Realizado por:** Los autores

Y por último para el análisis estático se tiene que determinar el valor del factor de seguridad, el cual va relacionado con el esfuerzo equivalente que soporta la suspensión con el esfuerzo al cual va a ser sometido durante su funcionamiento. Por efecto dicho factor debe poseer un valor mayor a 1, ya que con eso está asegurando un adecuado funcionamiento y en especial evitar fallas.



**Gráfico 25-3:** Resultado del factor de seguridad de la suspensión trasera.

**Realizado por:** Los autores

El valor del factor de seguridad da un valor mínimo de 7,2854 de la suspensión trasera que ocupa el vehículo. Cabe mencionar que durante la simulación que se efectúa en el software

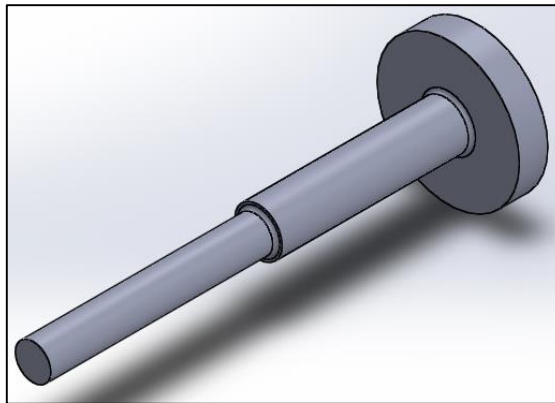
CAE no se toma en cuenta algunos factores externos que aparecen durante la manufactura y funcionamiento de la suspensión. Pero al obtener un valor mayor que 1, se considera que lo diseñado cumplirá con sus funciones.

### 3.3 Palier o semieje de transmisión

El semieje de transmisión del vehículo que se diseñó cumple con una función en particular, la cual es soportar la rueda y el peso del vehículo. El diseño se lo realizó con el uso de software CAD para luego seleccionar el material que mejor se ajuste a las condiciones de uso y mecanizado del semieje. Y para el final con la ayuda del software CAE se realizó la simulación con el fin de obtener datos que aseguren su correcto funcionamiento.

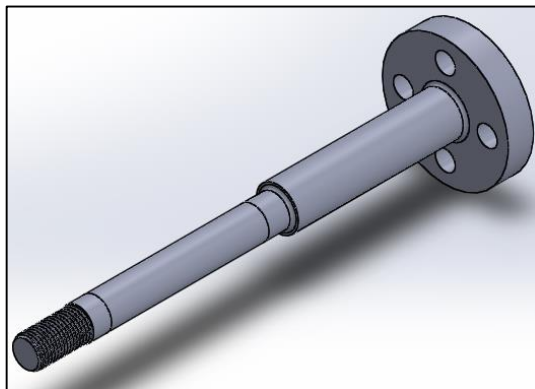
#### 3.3.1. Diseño del semieje de transmisión

En lo que respecta al semieje, su forma es simple por lo cual se empieza con un modelo básico, como se muestra a continuación:



**Gráfico 26-3:** Semieje de transmisión inicial.  
Realizado por: Los autores

Luego de comprobar las medidas del semieje de transmisión, se procede a realizar el roscado en donde irá la tuerca de ajuste con el neumático y los orificios que este posee debido a que se debe sujetar con la suspensión mediante tornillos.



**Gráfico 27-3:** Semieje de transmisión CAD.  
Realizado por: Los autores

### 3.3.2. Selección del material

En lo que se refiere a materiales para el mecanizado de ejes, semiejes, etc. de transmisión se tiene una gran variedad, esto se debe a que en la industria este tipo de elementos se les utiliza en diferentes funciones. En el apartado de revisión teórica de semiejes, se enlista 4 materiales que son ocupados en gran medida por sus ventajas.

A continuación, se realiza la matriz de selección de material con tres parámetros de evaluación que se han tomado en cuenta según la función que va a desempeñar el elemento, para la elección se estable un factor de ponderación.

El rango de valores irá de 1 a 10, siendo 10 el ideal. Al final para obtener el puntaje final se multiplica el FP con cada calificación en cada parámetro:

**Tabla 7-3:** Matriz de selección del semieje de transmisión

Parámetros de selección	FP	AISI 1010 AISI 1020	AISI 1045	AISI 4140	AISI 4340
Soporte de carga	0,40	5	6	8	9
Resistencia mecánica	0,3	6	6	9	9
Costo	0,30	8	8	5	5
	$\Sigma$	6,2	6,6	7,4	7,8

Fuente: Autores

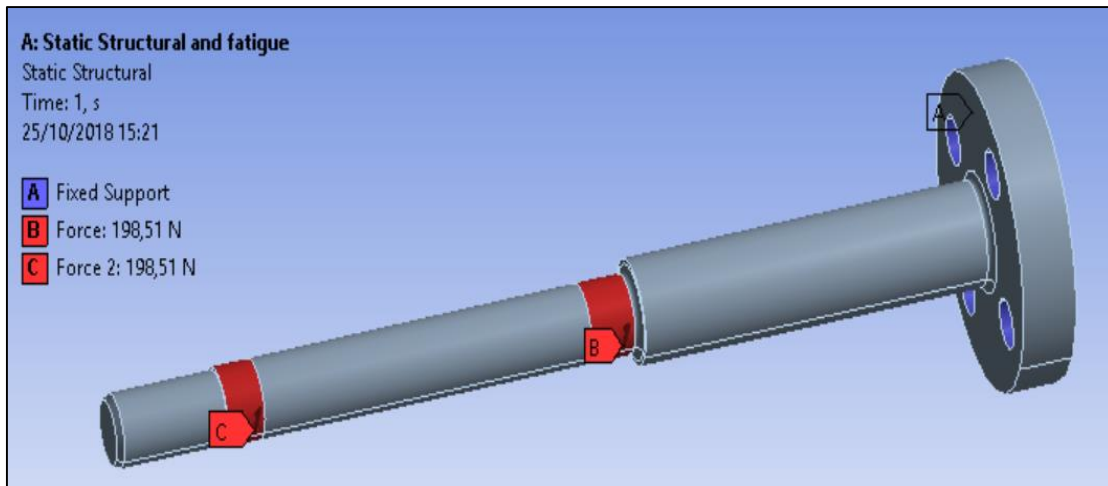
Realizado por: Autores

En este caso al evaluar los parámetros que se ha puesto a consideración se tiene como resultado que el material apropiado para la construcción del semieje del vehículo es el material AISI 4340.

### 3.3.3. Análisis estático del semieje de transmisión

Una vez ya definido el diseño en CAD y seleccionado el material se procedió a realizar la simulación del semieje con la ayuda del software CAE, con el fin de obtener datos como: esfuerzo máximo, deformación y el factor de seguridad. Como se ya observó en literales anteriores los pasos para realizar la simulación aquí se detalla rápidamente lo que se ha hecho con el diseño del semieje de transmisión.

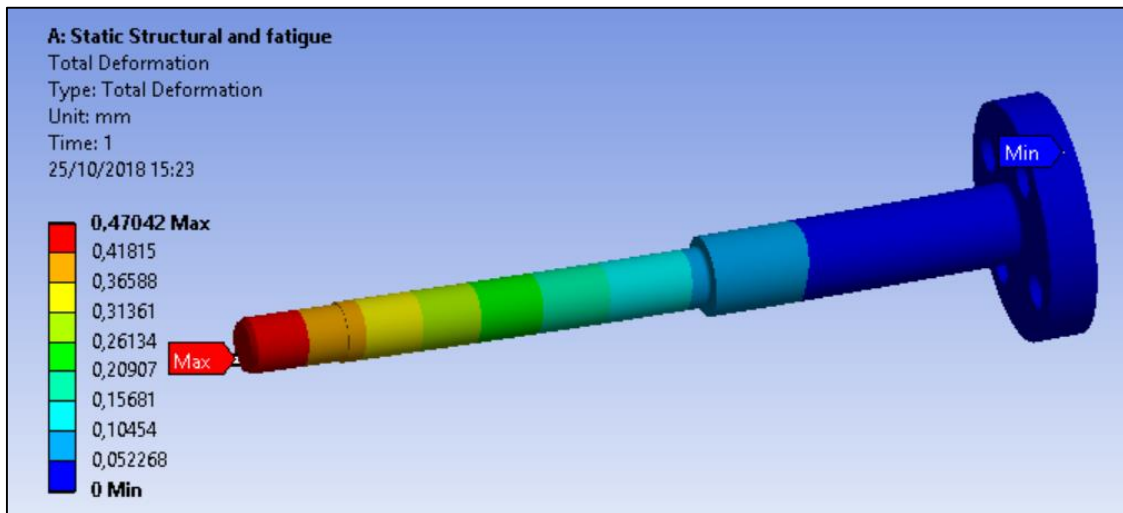
Se establece el mallado del elemento además de establecer el punto fijo y la carga al que está sometido. Para la posición de la carga se estableció en dos lugares del semieje, ya que es ahí en donde van a estar alojados los rodamientos de la rueda. El valor de la carga en cada punto es de 198,51 N.



**Gráfico 28-3:** Carga aplicada al semieje de transmisión.

Realizado por: Los autores

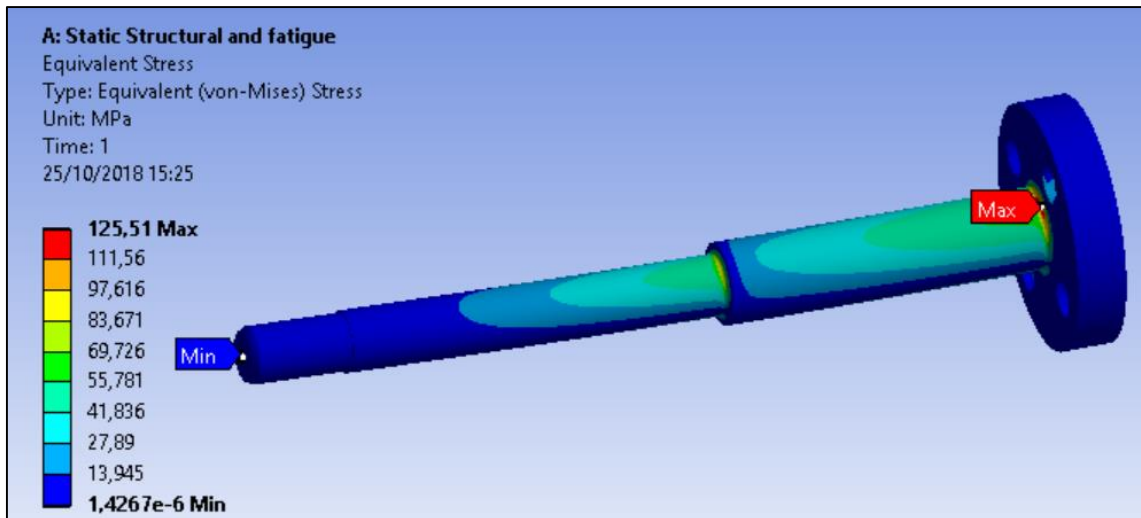
Ya una vez definido todos los criterios se tuvo como resultado que en la parte de la deformación del elemento existe un valor máximo de 0,47042 mm y este aparece en la parte final del semieje en donde irá colocada la tuerca de ajuste entre la rueda y el semieje.



**Gráfico 29-3:** Deformación máxima del semieje de transmisión.

Realizado por: Los autores

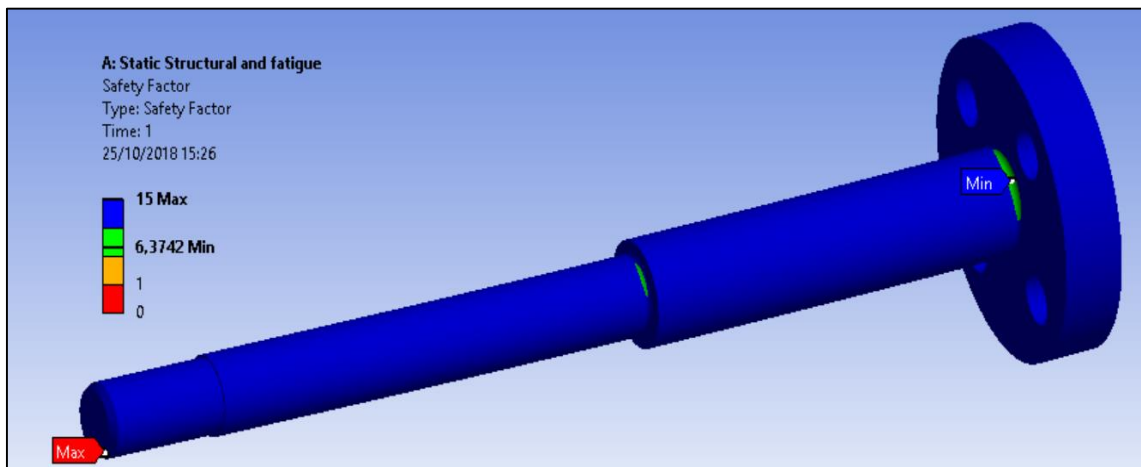
El esfuerzo equivalente de Von-Mises máximo tiene un valor de 125,51 MPa. Siendo un valor menor al que posee el material AISI 4340.



**Gráfico 30-3:** Esfuerzo equivalente de Von-Mises del semieje de transmisión.

**Realizado por:** Los autores

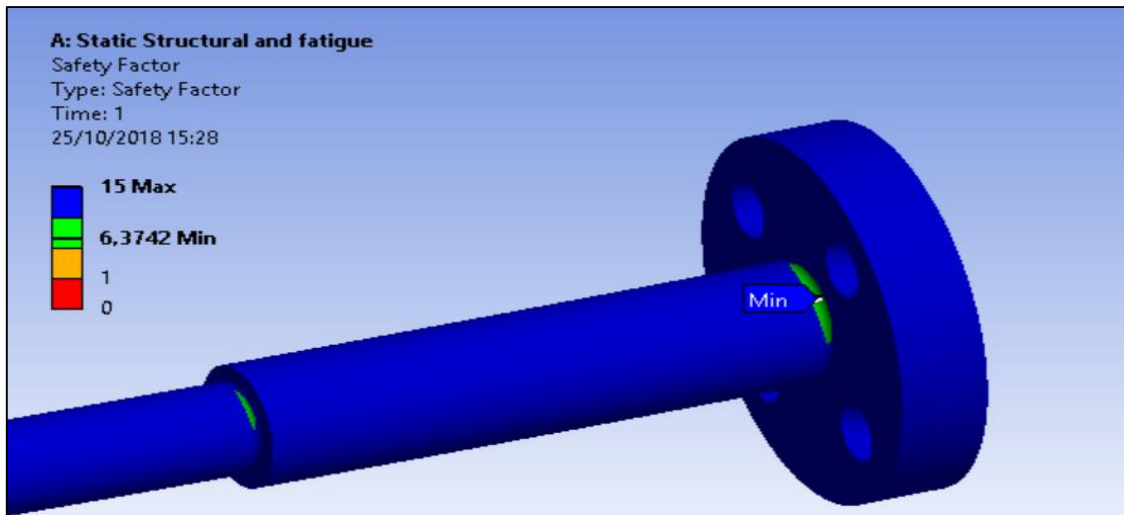
Para el factor de seguridad se tiene un valor mínimo de 6,3742 siendo mayor a 1 por lo que estaría asegurando su funcionamiento.



**Gráfico 31-3:** Coeficiente de seguridad del semieje de transmisión.

**Realizado por:** Los autores

Este valor se observa que se tiene en los cambios de sección que posee el semieje, ya que estos puntos pueden ser grandes concentradores de esfuerzo. Pero debido al valor que se tiene no se estaría cayendo en una posibilidad de falla.

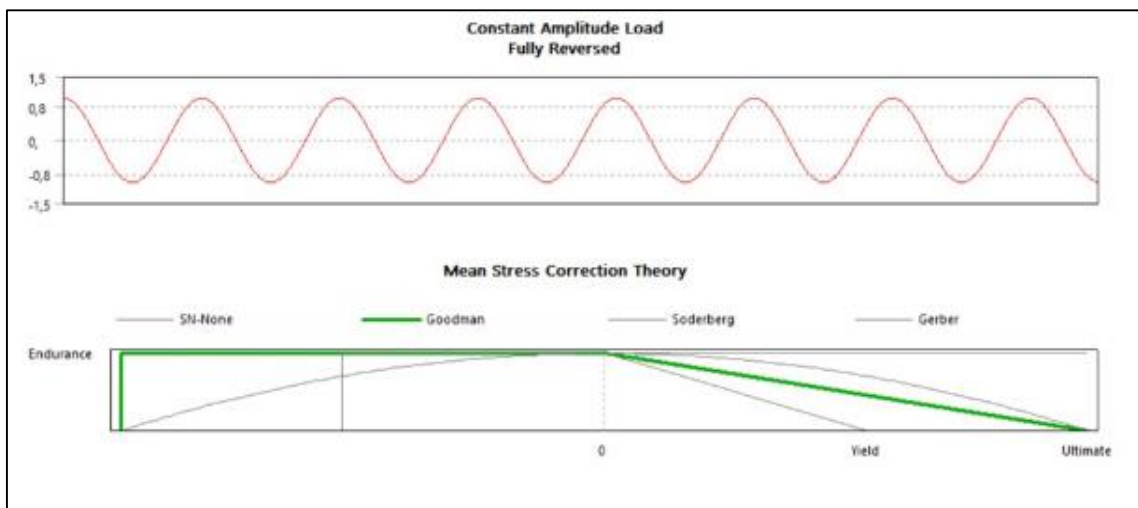


**Gráfico 32-3:** Coeficiente de seguridad del semieje de transmisión cambios de sección.  
**Realizado por:** Los autores

### 3.3.4. Análisis de fatiga

En análisis de fatiga que se le realiza a un elemento tiene el fin de evaluar a un elemento a lo largo del tiempo de su utilización, es decir, estudiar a un elemento al aplicarle cargas variables con el tiempo. Para ello se han identificado varios criterios, pero en este caso se procede a utilizar el criterio de Goodman, ya que según varios autores de libros de diseño este criterio sirve para materiales dúctiles y frágiles. Con la ayuda del software CAE se estableció las condiciones iniciales para el estudio.

En primer lugar, se establece el tipo de carga completamente alternante, la misma que va actuar en el semieje, además de elegir el criterio de Goodman para el análisis.

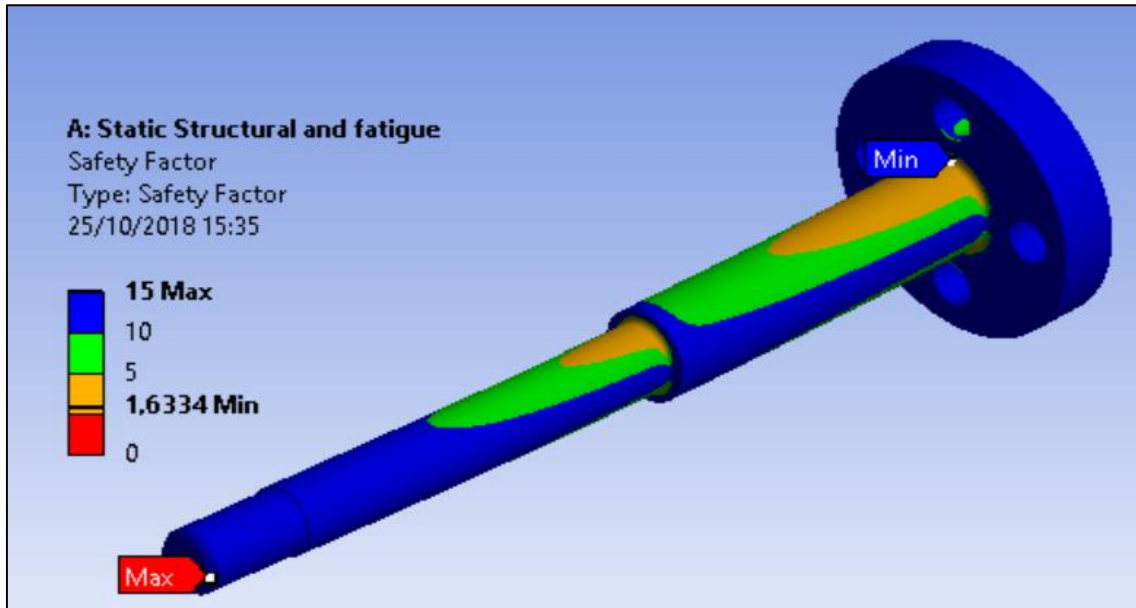


**Gráfico 33-3:** Condiciones de estudio del análisis de fatiga.  
**Realizado por:** Los autores

Otra de las características importantes de un análisis de fatiga está en establecer una cantidad de ciclos de estudio para el elemento y observar su factor de seguridad. En este caso la cantidad de



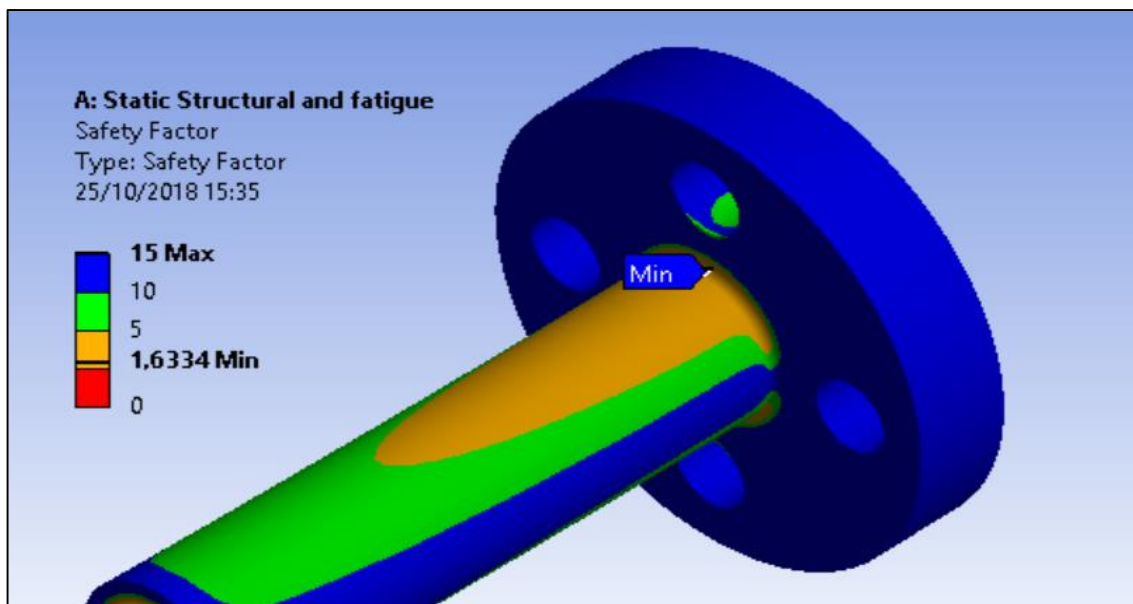
ciclos para el análisis es de 1000000 de ciclos. Con esto vamos a dar un mayor grado de certeza a que el elemento cumplirá satisfactoriamente su función. Ya una vez definido todos estos aspectos se observa los resultados:



**Gráfico 34-3:** Factor de seguridad del análisis de fatiga.

Realizado por: Los autores

Como se observa en la imagen se tiene un factor de seguridad mínimo de 1,6334 el cual es mayor a 1 siendo así satisfactorio. El lugar en donde se observa que existe este valor son en los cambios de sección, como ya se mencionó en el análisis estático, esto se debe a que estos lugares son concentradores de esfuerzo.



**Gráfico 35-3:** Factor de seguridad del análisis de fatiga en los cambios de sección.

Realizado por: Los autores



### 3.4 Diseño del sistema de acceso

El sistema de acceso se diseñó con el objetivo de facilitar el ingreso y salida del usuario de silla de ruedas en el vehículo monoplaza, mediante un mecanismo de rampa que le permita realizar dicha acción de manera autónoma y segura.

#### 3.4.1. Parámetros de diseño del sistema de acceso

Para el diseño del sistema de acceso se consideró parámetros que permitan que el mecanismo de rampa se ajuste a las necesidades de usuarios de silla de ruedas que presenten paraplejía, por lo tanto se tomó en cuenta las dimensiones adecuadas para el libre acceso del usuario con su silla de ruedas sin ningún obstáculo o elementos que sobresalgan de la estructura que dificulte su movilidad; el material a ser utilizado debe garantizar la seguridad del usuario durante el embarque y desembarque para lo cual se consideró el peso del usuario y su silla de ruedas.

Uno de los parámetros más importantes a tomar en cuenta en el diseño de la rampa fue el grado de inclinación ya que de esto depende la facilidad de acceso al usuario, puesto que una pendiente muy elevada requiere de mayor esfuerzo por parte del usuario por lo que necesita la ayuda de terceras personas y el objetivo del mecanismo es facilitar el acceso de manera autónoma.

#### 3.4.2 Matriz de selección de alternativas

En la siguiente matriz de selección se determinó la mejor alternativa del tipo de rampa a diseñar para lo cual se establecieron tres alternativas de acuerdo a los respectivos criterios de evaluación.

**Tabla 8-3:** Matriz de selección del tipo de rampa a diseñar

<b>Criterios</b>	<b>Rampa telescópica</b>	<b>Rampa plegable</b>	<b>Rampa enrollable</b>
<b>Costo de fabricación (0.20)</b>	9	10	7
<b>Seguridad (0.25)</b>	9	9	9
<b>Ligereza (0.20)</b>	8	8	9
<b>Ensamblaje (0.15)</b>	8	9	7
<b>Eficiente (0.20)</b>	8	9	10
<b>Puntaje total</b>	8.45	9	8.5

Fuente: Autores

Realizado por: Autores

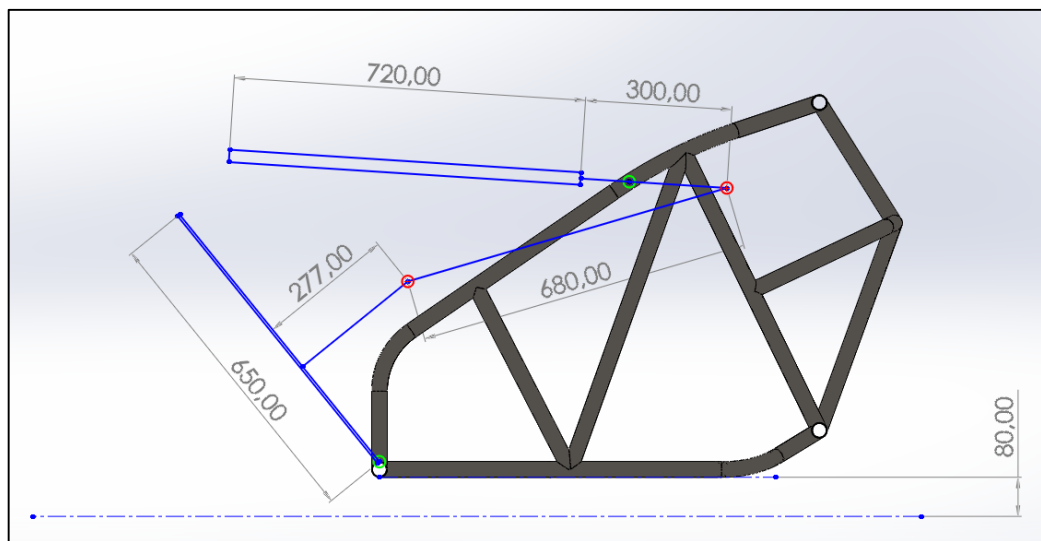
Al evaluar los diferentes criterios en la matriz de selección se determinó que el tipo de rampa a diseñar para su posterior análisis y construcción es el mecanismo de rampa plegable.

### 3.4.3 Dimensionamiento de los elementos que componen el mecanismo de rampa plegable

Una vez seleccionado el tipo de rampa a diseñar se procedió a dar dimensiones generales de los elementos que forman parte del mecanismo como una base para el diseño final de cada uno de dichos elementos, para lo cual se lo realizó en base a la estructura del bastidor y a su altura con respecto al piso.

El mecanismo está compuesto por tres elementos un brazo o palanca el mismo que es accionado manualmente por el usuario para bajar o subir la rampa; la rampa la misma que se compone de la estructura base y el piso; y por último un eslabón o elemento de unión que permite transmitir el movimiento desde el brazo a la rampa.

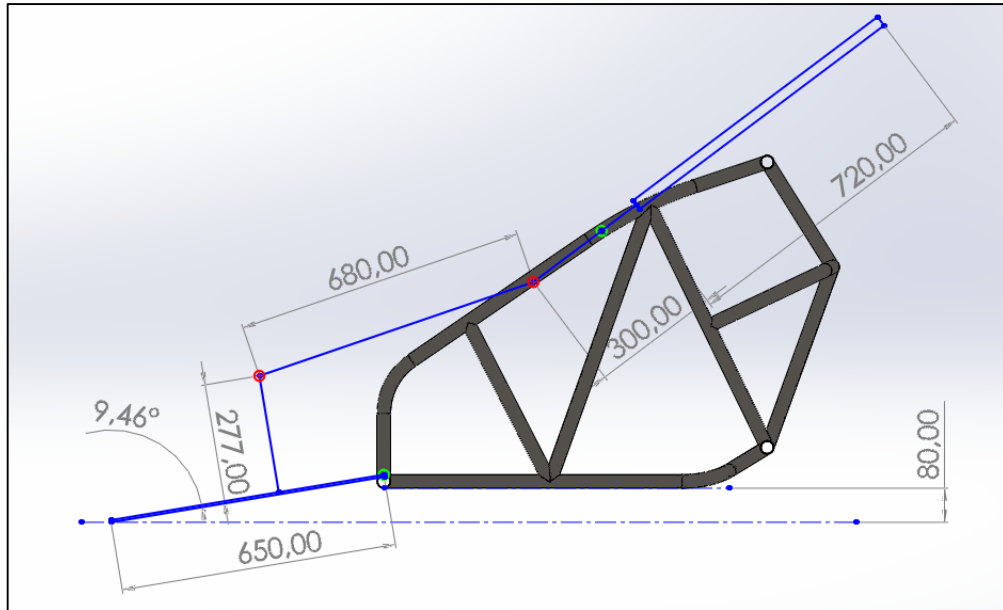
En el Gráfico 36-3 se ha establecido las medidas generales de los elementos que componen el mecanismo de la rampa de acceso plegable representados de color azul y la posición de cada uno de ellos en su posición inicial al momento que la rampa se encuentra plegada; los puntos verdes representan la unión articulado del brazo y de la rampa con el bastidor, y los puntos rojos la unión articulada entre el elemento de unión con el brazo y la rampa.



**Gráfico 36-3:** Modelado del sistema de acceso con la rampa plegada.

Realizado por: Los autores

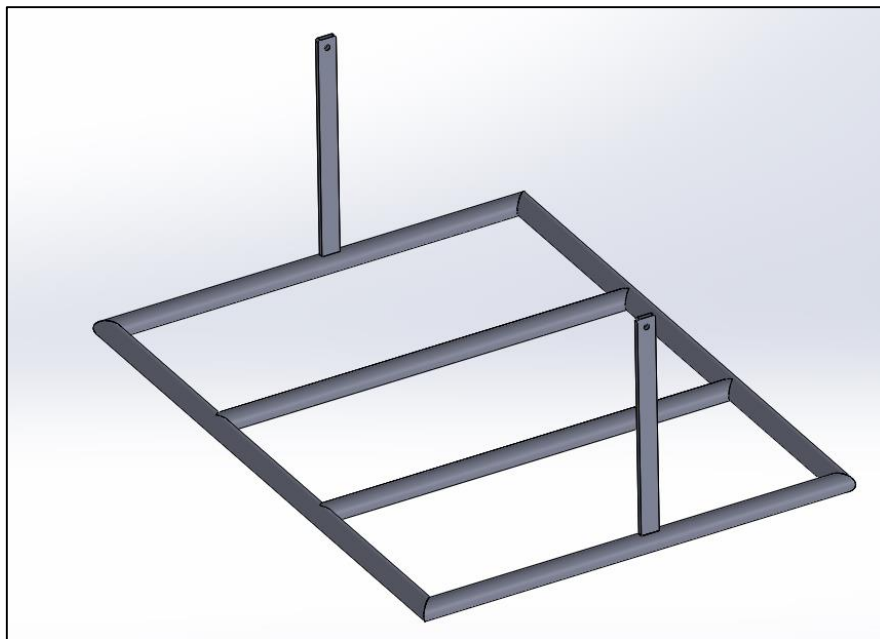
En el Gráfico 37-3 se puede observar la posición de los elementos del mecanismo en el momento en que la rampa está replegada con su borde coincidente con la línea del suelo y mediante la cual el usuario puede acceder al vehículo. Una medida fundamental es el ángulo de inclinación de la rampa con respecto al suelo cuyo valor es de  $9,46^\circ$ .



**Gráfico 37-3:** Modelado del sistema de acceso con la rampa replegada.  
**Realizado por:** Los autores

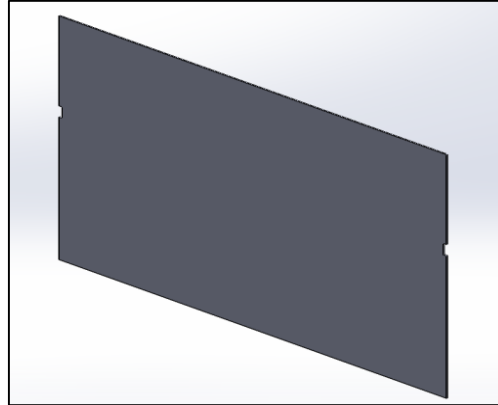
#### 3.4.4. Modelado geométrico de los elementos del mecanismo de rampa plegable

Las dimensiones de la estructura de la rampa se establecieron de acuerdo a las medidas de una silla de ruedas estándar para lo cual el ancho debe ser lo suficiente para que el usuario pueda acceder sin ningún obstáculo por medio de la rampa, para lo cual se utiliza el mismo material de la estructura del bastidor tubo redondo de acero estructural ASTM A-500, pero con un diámetro de 1 pulgada por 2 milímetros de espesor.



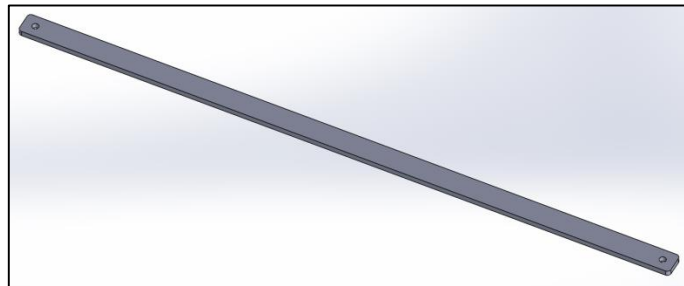
**Gráfico 38-3:** Diseño CAD de la estructura de la rampa.  
**Realizado por:** Los autores

El piso de la rampa va a permite que las ruedas de la silla del usuario puedan rodar sin ninguna dificultad al momento de acceder y salir del vehículo, por lo tanto, sus dimensiones deben estar acorde a las dimensiones de la estructura base considerando que el plano inclinado debe coincidir con el piso de tal manera que el usuario pueda acceder sin dificultad.

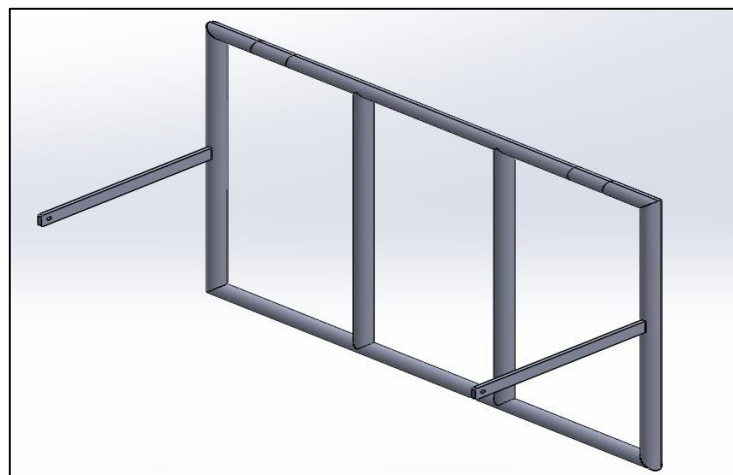


**Gráfico 39-3:** Diseño CAD del piso de la rampa.  
Realizado por: Los autores

Los elementos de unión permiten que mediante el accionamiento del brazo la rampa pueda subir o bajar para lo cual se utiliza perfil rectangular de 24 por 6 mm.

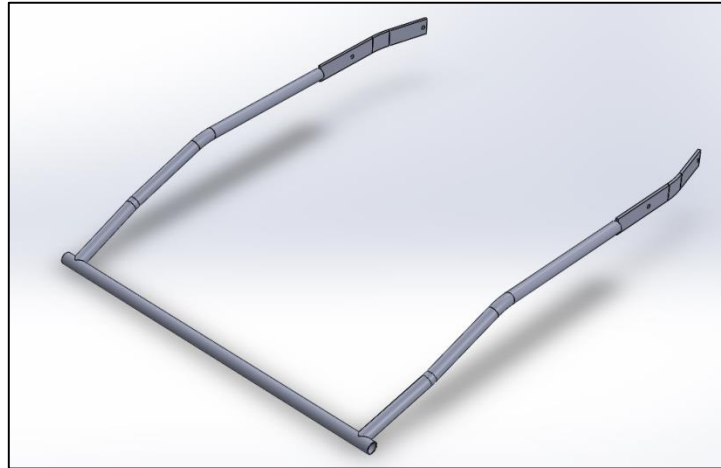


**Gráfico 40-3:** Elemento de unión entre la rampa y el brazo de accionamiento.  
Realizado por: Los autores



**Gráfico 41-3:** CAD del elemento de unión fijo a la estructura de la rampa.  
Realizado por: Los autores

El brazo del mecanismo de accionamiento está articulado al bastidor y mediante los elementos de unión transmiten el movimiento para subir y bajar la rampa, para lo cual debe ser de fácil accionamiento para el usuario, en la gráfico 42-3 se establece el diseño del brazo de accionamiento utilizando tubo redondo de 1 pulgada por 2 mm de espesor y perfil rectangular de 38 por 6 mm de del mismo material utilizado en el bastidor.

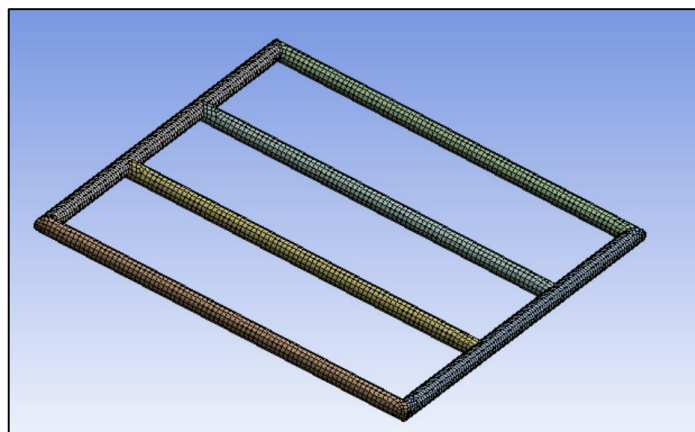


**Gráfico 42-3:** Diseño CAD del elemento del brazo de accionamiento.  
Realizado por: Los autores

#### ***3.4.5. Análisis estático de la rampa***

La estructura base de la rampa de acceso es la que proporciona resistencia y rigidez, por lo que está sometido a mayor esfuerzo soportando el peso del usuario con su silla de ruedas durante el acceso; es necesario su análisis estático para determinar su correcto funcionamiento.

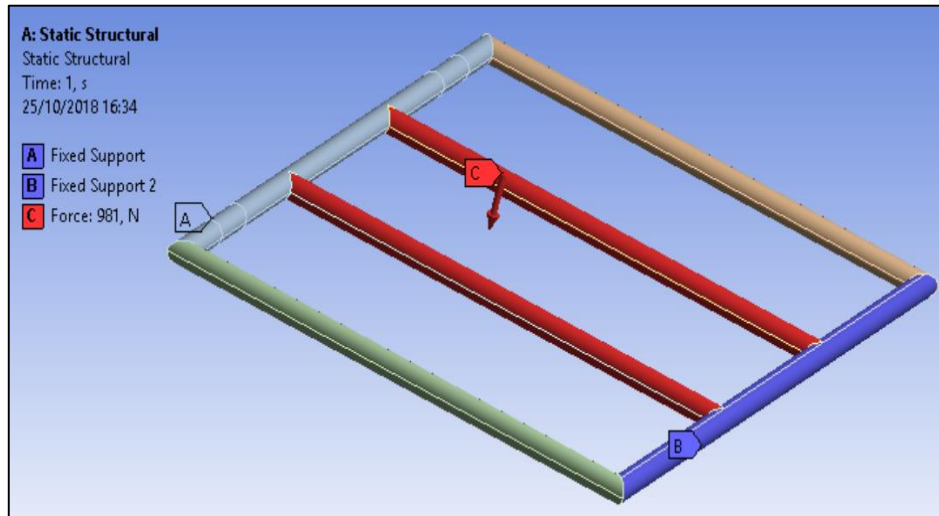
Para lo cual se procede a generar el mallado del elemento.



**Gráfico 43-3:** Mallado de la estructura de la rampa.  
Realizado por: Los autores

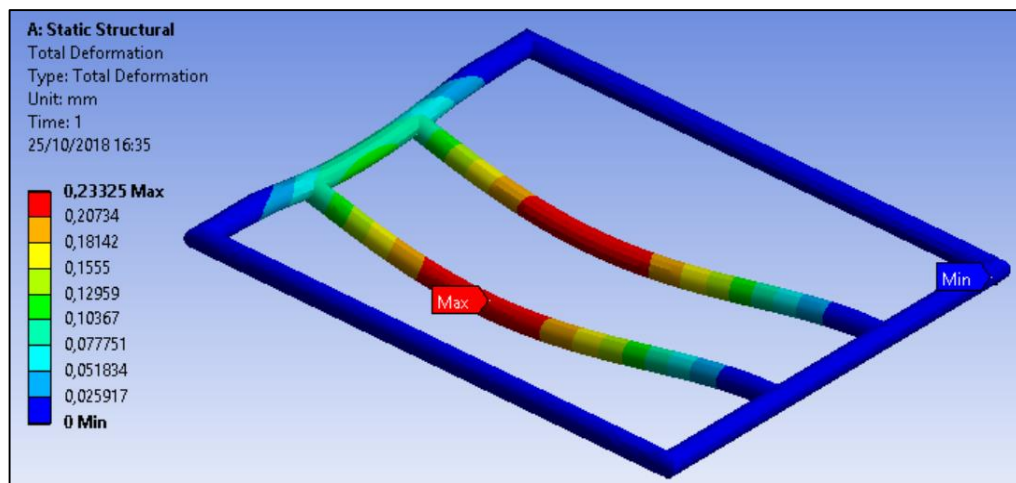
Los soportes fijos se establecieron en el travesaño que permite la unión entre la rampa y el bastidor por medio de las bisagras y el travesaño que se soporta sobre el piso; los elementos

críticos de la estructura son los largueros centrales de la base los mismos que soportan el peso del usuario con su silla de ruedas establecidos en la tabla 3-3, con un total de 100 Kg.



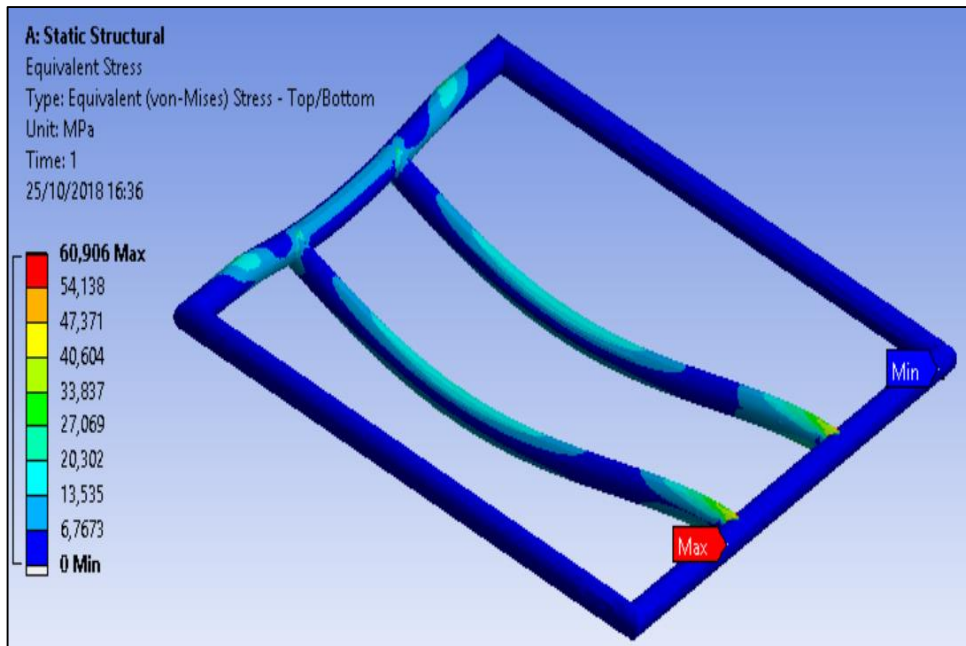
**Gráfico 44-3:** Cargas aplicadas sobre la estructura de la rampa.  
**Realizado por:** Los autores

Con los datos ingresados correspondientes a la carga que actúan sobre los elementos críticos de la estructura se obtuvo una deformación máxima de 0,23325 mm cuyo valor es relativamente despreciable, por lo que no afecta al funcionamiento de la estructura.



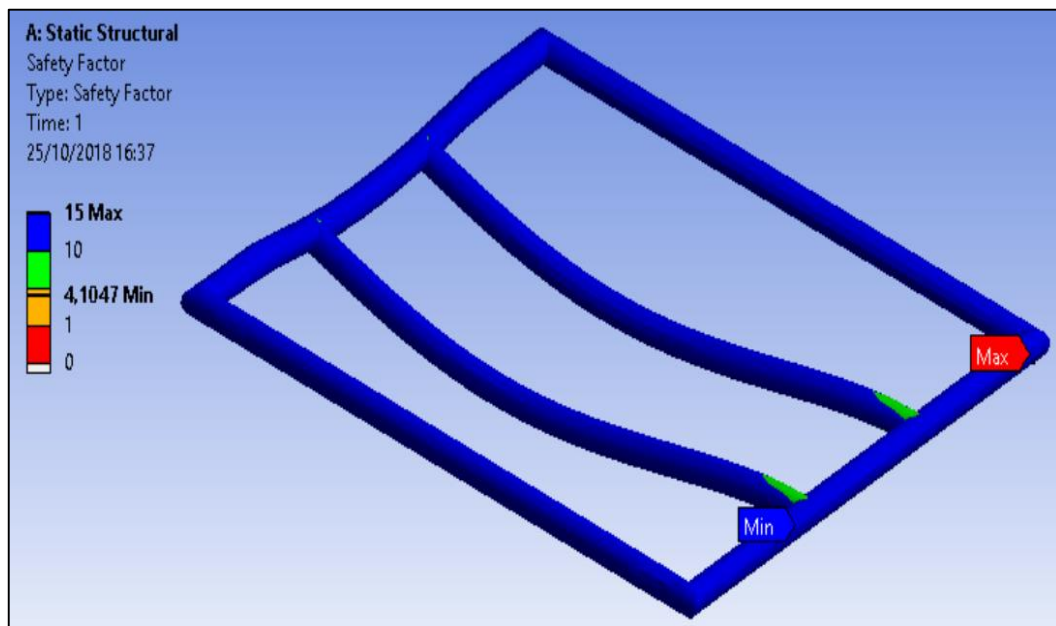
**Gráfico 45-3:** Resultados de deformación total de la estructura de la rampa.  
**Realizado por:** Los autores

El esfuerzo equivalente de Von-Mises máximo fue de 60,906 MPa, cuyo valor es inferior al límite elástico del material de 250 Mpa; por lo que no sufre una deformación permanente perdiendo su funcionalidad.



**Gráfico 46-3:** Resultados del esfuerzo equivalente de la estructura de la rampa.  
 Realizado por: Los autores

Se obtuvo un factor de seguridad mínimo de 4,1047, por lo que se garantiza la seguridad del usuario y su correcto funcionamiento.



**Gráfico 47-3:** Resultados del factor de seguridad de la estructura de la rampa.  
 Realizado por: Los autores



## CAPÍTULO IV

### 4. CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR Y SISTEMAS MECÁNICOS

#### 4.1. Construcción del bastidor

Una vez realizado el diseño del bastidor de acuerdo a los parámetros establecidos y el respectivo análisis ante diferentes condiciones a las que estará sometida la estructura, por medio del software CAE con lo cual se obtuvo resultados satisfactorios; se procedió a la construcción del bastidor, componente fundamental del vehículo ya que sus dimensiones y geometría deben permitir la implementación de los diferentes sistemas mecánicos y cumpla la función principal de albergar al usuario, por lo que debe ser construido con las medidas establecidas en el diseño y con el material previamente seleccionado.

La construcción del bastidor inició con la estructura de la base, ya que a partir de esta se ensambla los elementos de la estructura frontal y laterales del bastidor por medio del proceso de soldadura. Para lo cual se procedió a marcar con exactitud la longitud de cada tubo para posteriormente cortar; el material utilizado para toda la estructura del bastidor fue el tubo redondo de acero ASTM-500 de  $1\frac{1}{4}$  pulgada de diámetro por 2 mm de espesor.



**Gráfico 48-4:** Corte del tubo de acero.  
Realizado por: Los autores

Para el doblado de los tubos que forman parte de la estructura del bastidor tomó en consideración los ángulos y los radios que dan forma al diseño establecido en el plano.





**Gráfico 49-4:** Doblado de tubos.

**Realizado por:** Los autores

Una vez cortado y doblado los tubos de acuerdo a las medidas establecidas en los planos (Ver anexo A) se procede a soldar empezando por la base de la estructura, para luego ensamblar los tubos de la parte lateral y frontal.



**Gráfico 50-4:** Ensamblaje de la base mediante soldadura por puntos (SMAW).

**Realizado por:** Los autores

El proceso de ensamblaje de la estructura primeramente se lo realizó por medio de soldadura eléctrica por puntos, este proceso facilitó el ensamblaje del bastidor ya que si un elemento no era el adecuado pudo ser retirado y reemplazado con mayor facilidad.

Una vez realizado el ensamblaje por medio de soldadura por puntos y verificando que los elementos de la estructura estén ensamblados correctamente de acuerdo a las medidas y geometría se procede a realizar el proceso de soldadura MIG para definir completamente el ensamblaje de la estructura.



**Gráfico 51-4:** Ensamblaje de la base mediante soldadura por arco en protección gaseosa  
**Realizado por:** Los autores

#### **4.2. Implementación de la suspensión delantera**

La suspensión delantera que se ha elegido para este tipo de vehículo es el tipo horquilla telescópica, por lo cual se procedió a su implementación. Los elementos que conforman este tipo de suspensión existen en el mercado por ende son de fácil acceso a todo público. Debido a que las partes de este sistema de suspensión son de un solo tipo de motoneta su montaje se hace simple.



**Gráfico 52-4:** Implementación de la suspensión delantera.  
**Realizado por:** Los autores

#### **4.3 Construcción de la suspensión trasera**

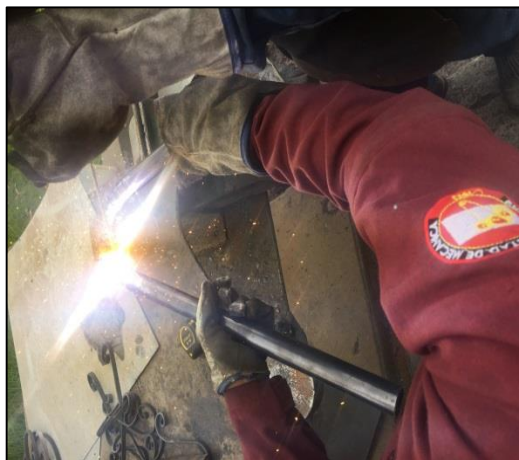
Una vez realizado el diseño de las diferentes partes del sistema de suspensión trasera, se procede a su construcción. Al ser dos conjuntos de suspensión de manera independiente para cada rueda, cada paso se realiza dos veces. Se inicia con el brazo de la suspensión ya que este

va a soportar a los demás elementos. Para lo cual se utiliza el tubo de acero ASTM-500 de  $1\frac{1}{4}$  pulgada de diámetro por 2 mm de espesor. Se corta la dimensión establecida y se procede al doblado del tubo con la ayuda de la dobladora.



**Gráfico 53-4:** Doblado de tubo del brazo de suspensión.  
**Realizado por:** Los autores

Al tener doblado el brazo de suspensión, se realiza el corte de la placa, la misma que va tener dimensiones dependientes del interior del brazo, el material utilizado en la placa es acero ASTM A36 con un espesor de 6mm. Para establecer su posición se utiliza soldadura eléctrica por puntos, con el objetivo de ubicar en la posición correcta todos los elementos.



**Gráfico 54-4:** Soldadura por puntos del brazo y placa.  
**Realizado por:** Los autores

Se procede a realizar la perforación inferior en donde irá conectado directamente el brazo de suspensión a la estructura principal. Además las perforacion donde irá montado el semieje de transmisión donde irá acoplada la rueda.



**Gráfico 55-4:** Perforación en el brazo de suspensión.  
**Realizado por:** Los autores

En la conexión de la parte superior del brazo se procede al mecanizado del acople que se diseñó para dicha función, con las medidas una vez realizado el acople, se procede a unir esta con el brazo mediante soldadura por puntos con la posición ya establecida en el diseño.



**Gráfico 56-4:** Manufactura del acople.  
**Realizado por:** Los autores

Ya mecanizado todos los elementos se procede el ensamble provisional de todos los componentes de la suspensión con el fin de verificar las medidas de diseño, además de corregir cualquier falla.





**Gráfico 57-4:** Ensamblaje provisional de la suspensión trasera.  
**Realizado por:** Los autores

Ya una vez definido y verificado las dimensiones de la suspensión, se utiliza la soldadura MIG con el fin de obtener el diseño final que cumpla con los requerimientos de suspensión. se utiliza este tipo de soldadura por las diferentes ventajas que se mencionó en apartados anteriores.



**Gráfico 58-4:** Ensamblaje final de la suspensión mediante MIG.  
**Realizado por:** Los autores

#### **4.4 Implementación de la dirección**

El sistema de dirección va relacionado con el sistema de suspensión del vehículo, ya que, al poseer una sola rueda direccional, estos dos sistemas irán de la mano en sus elementos. En la parte de la suspensión se implementó un sistema de horquilla telescópica con esto el sistema de dirección ya quedo definido con los siguientes elementos: tija de dirección, pistas, volante y rueda.

La dirección irá implementada al bastidor en la parte de la pipeta de la dirección, para el mecanizado de la pipeta de dirección se ocupa un tubo de diámetro 4,8 cm y de longitud 20 cm. Este elemento alojará a la tija y pistas ya ensambladas. Con los elementos ya establecidos se procede a su ensamblaje, siendo en primera parte la fijación de la pista inferior en el vástago de

dirección. Se lo realiza mediante prensa ya que esta es una de las partes de la dirección que estará fija, como se muestra:



**Gráfico 59-4:** Fijación de la pista inferior de la dirección.  
**Realizado por:** Los autores

En el montaje de la dirección se tiene ahora que ubicar la tija en la pipeta para ello sirve la pista superior que irá con una tuerca de ajuste con el fin de dejar a todos los elementos bien establecidos. Al tener elementos móviles en la dirección se procede a su correcta lubricación en el interior de la pipeta de dirección, con el fin de reducir el desgaste de las pistas que efectúan un movimiento. Se deja en claro además que la rueda delantera del vehículo no se ubica debido a que en esta parte irá ubicada la propulsión del vehículo.



**Gráfico 60-4:** Fijación del volante de dirección.  
**Realizado por:** Los autores

#### **4.5 Implementación del sistema de frenos**

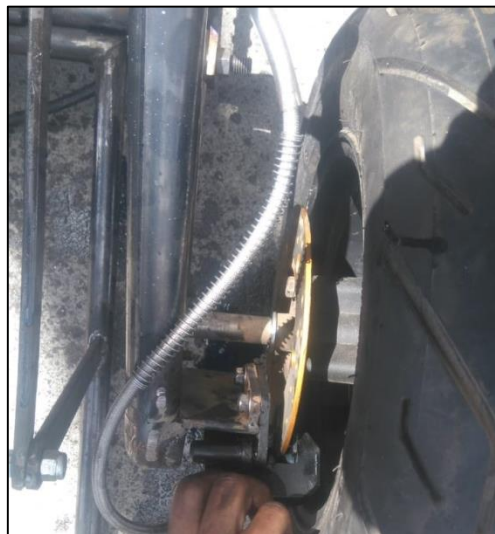
El sistema de frenos para el vehículo es de tipo disco para las ruedas traseras, la razón de la elección de este tipo es que debido a su estructura el fácil montaje y el poco espacio que ocupa lo hacen ideal para esta aplicación. Además, que al ser un vehículo monoplaza lo que más se necesita es reducir el peso de toda la estructura. El sistema de frenos de disco que se ocupa para este caso es de una motoneta, con sus discos de freno y sus mordazas. El mando del freno de

disco en donde va ubicada la bomba hidráulica es ensamblado en el manubrio o volante de dirección.



**Gráfico 61-4:** Mando de freno en el manubrio.  
**Realizado por:** Los autores

La presión que ejerce la bomba hidráulica al accionar el freno es transmitida a través de las mangueras hidráulicas que están acopladas a las mordazas, y estas a su vez trabajan sobre el disco de freno. Las mordazas van ubicadas en las dos ruedas traseras que posee el vehículo. Y el fluido de trabajo de este sistema es el líquido de frenos DOT3.

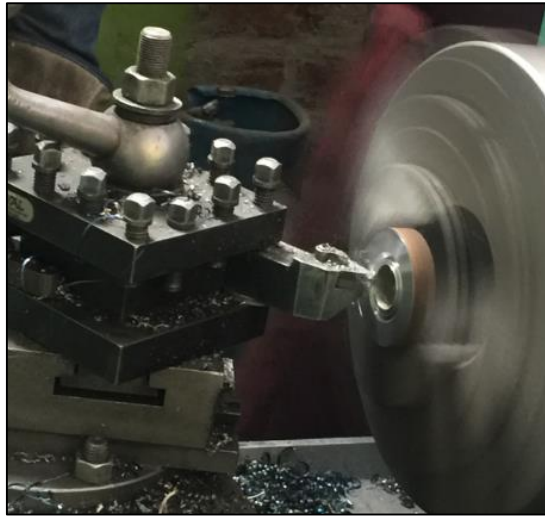


**Gráfico 62-4:** Mordaza y disco del sistema de frenos.  
**Realizado por:** Los autores

#### **4.6. Construcción del semieje de transmisión**

Una vez ya establecido el diseño en CAD del semieje de transmisión con sus respectivas medidas, a la dimensión total del eje se la divide en dos partes ya que al momento de tornearse desde un diámetro grande a un diámetro pequeño se tiene que desbastar una cantidad considerable de material además de que se puede incurrir a romper las cuchillas e incluso el semieje.

La primera parte consta del diámetro de 60 mm para lo cual se mecaniza un eje de 62 mm esto con el fin de eliminar cualquier imperfección del eje. En esta parte se realiza un orificio en pleno centro para ubicar de manera concéntrica a la otra parte de eje.



**Gráfico 63-4:** Torneado parte 1 del semieje.  
**Realizado por:** Los autores

En la segunda parte se mecaniza la otra parte del eje en donde consta un cambio de sección de diámetro. Se elimina cualquier imperfección del eje en las caras y en su superficie y al final de este eje se realiza el roscado para una tuerca métrica 14. Con esto ya se tiene las dos partes del eje.



**Gráfico 64-4:** Torneado parte 2 del semieje.  
**Realizado por:** Los autores

Para unir estos dos elementos se utiliza suelda eléctrica, con la ayuda del torno y el orificio que se realiza en la primera parte del eje se procede a ubicar las dos partes concéntricas. Una vez ya



soldada las dos partes se procede a retirar cualquier irregularidad de todo el semieje mecanizado y se tiene el elemento deseado.



**Gráfico 65-4:** Aspecto final Semieje de transmisión.  
Realizado por: Los autores

#### 4.7. Construcción del sistema de acceso

Una vez analizado el comportamiento de la estructura de la base de la rampa ante cargas estáticas por medio del software CAE, obteniendo resultados satisfactorios se procedió a la construcción, para lo cual se empezó por marcar con exactitud la longitud de los tubos y perfiles para luego realizar el corte respectivo.



**Gráfico 66-4:** Corte del tubo de acero.  
Realizado por: Los autores

Una vez cortado el material se procedió a realizar el doblado para luego ensamblar los elementos por medio de soldadura eléctrica SMAW para facilitar el proceso de ensamblaje y posteriormente mediante soldadura MIG se aseguró y reforzó los diferentes elementos del sistema de acceso.



**Gráfico 67-4:** Doblado del tubo.  
Realizado por: Los autores



**Gráfico 68-4:** Ensamblaje del sistema de acceso mediante soldadura (SMAW).  
Realizado por: Los autores

Finalmente se obtuvo el ensamble del sistema de acceso por medio de la soldadura y por articulaciones que permite el movimiento de la rampa por medio del brazo o palanca manipulada por el usuario.



**Gráfico 69-4:** Ensamblaje del sistema de acceso.  
Realizado por: Los autores

#### 4.8 Proceso de pintura

El primer paso y fundamental fue la preparación de la superficie, para lo cual se procedió a lijar la superficie de la estructura con el objetivo de crear rugosidad y remover impurezas como óxido y grasa, con el objetivo de que la pintura pueda adherirse; para corregir las imperfecciones debido al corte de los tubos y al proceso de soldadura se utilizó masilla junto con un catalizador líquido que permite que esta se seque y endurezca más rápido, una vez lijado se limpió la superficie a reparar con disolvente para posteriormente aplicar ejerciendo presión la masilla extendiéndola en la misma dirección en todas las zonas a reparar.



**Gráfico 70-4:** Masillado de imperfecciones de la estructura del bastidor.  
Realizado por: Los autores



Una vez seca la masilla se procedió a lijarla primero utilizando una lija gruesa para quitar el excedente de material, para posterior utilizar una lija más fina para pulir la superficie hasta que quede en perfecto estado.



**Gráfico 71-4:** Remoción del exceso de material de la masilla.  
**Realizado por:** Los autores

Se limpió toda la superficie con disolvente y se aplicó la primera capa de pintura denominada imprimante o pintura base mediante una pistola aerográfica, esto permite proteger a la superficie de agentes como la humedad para prevenir el óxido, el color de la pintura base por lo general es gris permitiendo que el color principal que se aplique cubra más rápido la superficie evitando distorsiones.



**Gráfico 72-4:** Aplicación de la pintura base.  
**Realizado por:** Los autores

Finalmente se aplicó la pintura de color, para lo cual se utilizó pintura poliuretano, este producto es a base de solvente permitiendo un secado más rápido gracias a la evaporación rápida del solvente, se utilizó un color sólido rojo dando como resultado un acabado brillante, de la misma manera se procedió a aplicar la pintura mediante una pistola aerográfica y se dejó secar de una a dos horas para poder manipular la superficie.



**Gráfico 73-4:** Aplicación de la pintura de color.  
**Realizado por:** Los autores

## CAPÍTULO V

### 5. ANÁLISIS DE COSTO Y PRESUPUESTO

#### 5.1. Costos directos

Los costos directos son aquellos que influyen directamente en la consecución de un producto, y son necesarios para cumplir actividades específicas que involucran costos de materiales, mano de obra y equipos.

**Tabla 9-5:** Costo de materiales.

<b>COSTOS DIRECTOS</b>			
<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total [USD]</b>
24 m	Tubo redondo acero estructural 1 1/4 pulgada por 2mm de espesor.	1,50	36,00
6 m	Tubo redondo acero estructural 1 pulgada por 2mm de espesor.	1,2	7,20
2 m <sup>2</sup>	Plancha de acero galvanizado de 2mm	3,00	6,00
1	Sistema de frenos de motocicleta.	175	175
2 m <sup>2</sup>	Tapizado de pisos	5,00	10,00
2	Amortiguadores de motocicleta.	21,50	43,00
2	Aros de motocicleta Rin 10.	42,95	85,90
2	Neumáticos de motocicleta Rin 10.	42,36	84,72
20	Electrodos	0,30	6,00
1	Disco de corte	2,50	2,50
20	Pernos	0,40	8,00
42 cm	Eje de acero bonificado	26	26
1 litro	Pintura poliuretano	35	35
4	Lijas No. 180	0,60	2,40
4	Lijas No. 220	0,60	2,40
Total			530,12

**Fuente:** Autores

**Realizado por:** Autores

**Tabla 10-5:** Costo de alquiler de equipos.

<b>COSTOS DIRECTOS</b>			
<b>Cantidad</b>	<b>No. Horas</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total [USD]</b>
Amoladora	18	3	54
Dobladora de tubos	6	3	18
Taladro	1	2	2
Soldadora eléctrica	4	5	20
Soldadora Mig	6	7	42
Torno	7	8	56
Total			192

Fuente: Autores

Realizado por: Autores

**Tabla 11-5:** Costos de mano de obra.

<b>COSTOS DIRECTOS</b>			
<b>Descripción</b>	<b>No. Horas</b>	<b>Costo/Hora</b>	<b>Costo total [USD]</b>
Técnico mecánico	25	6	150
Técnico soldador	10	6	60
Técnico tornero	7	7	49
Técnico en pintura	10	6	60
Total			319

Fuente: Autores

Realizado por: Autores

## 5.2 Costos indirectos

Engloban los gastos indirectos para la elaboración del presente trabajo de titulación, los cuales no son cuantificable ni medibles de una manera directa por lo cual se realiza una aproximación de los valores.

**Tabla 12-5:** Costos de indirectos

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>			
<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total [USD]</b>
1	Transporte	100,00	100,00
1	Impresiones y copias	60,00	80,00
1	Imprevistos	120	120,00
1	Otros gastos	150,00	150,00
Total			450

Fuente: Autores

Realizado por: Autores

### 5.3 Costos totales

Se determina mediante la suma de los costos directos e indirectos, el costo total para la realización de la presente propuesta tecnológica se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 13-5:** Costos de total de fabricación del bastidor y sistemas mecánicos del vehículo monoplaza

<b>COSTOS TOTALES</b>	
Costos de materiales	530,12
Costo de alquiler de equipos	192
Costo de mano de obra	319
<b>Costo total directo</b>	<b>1041,12</b>
<b>Costo total indirecto</b>	<b>450</b>
<b>Costo total</b>	<b>1491,12</b>

Fuente: Autores

Realizado por: Autores



## CAPÍTULO VI

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1. Conclusiones

Los parámetros y criterios de diseño se establecieron de tal manera que el vehículo monoplaza pueda ser utilizado por usuarios de silla de ruedas del tipo temporal o permanente que presenten paraplejia o lesiones en sus extremidades inferiores, los mismos que por lo general usan silla de ruedas estándar de tal manera que el vehículo monoplaza construido cumple con los requerimientos establecidos por este tipo de usuarios.

El diseño del bastidor y sistemas mecánicos del vehículo monoplaza pudo ser optimizado mediante el uso de software CAD, por medio de este se pudo establecer alternativas de diseño para seleccionar la más adecuada para el usuario; mediante software CAE se pudo determinar su correcto funcionamiento bajo ciertas condiciones de carga previo a su construcción dando resultados satisfactorios, con respecto al esfuerzo al que estará sometido el bastidor y elementos mecánicos analizados es inferior al del material utilizado, de la misma manera su deformación es relativamente despreciable ya que no afecta su funcionalidad, y por consiguiente su factor de seguridad garantiza la integridad del usuario.

El bastidor se construyó mediante acero estructural ASTM A-500 mediante una matriz de selección, que permitió evaluar varias alternativas de acuerdo a sus características elegir el más adecuado, el material utilizado se encuentra fácilmente en el mercado y su costo es inferior al de otros materiales como la aleación de aluminio, considerando sus propiedades mecánicas y facilidad de ensamblaje mediante procesos de soldadura eléctrica.

Para los sistemas mecánicos como la suspensión trasera se diseñó y construyó elementos que se adapten a las necesidades de funcionamiento del vehículo tomando en cuenta el material adecuado y procesos de ensamblaje que garanticen su funcionamiento y seguridad. En ciertos casos fue más viable realizar adaptaciones de componentes de motocicleta como fue el caso de la dirección y suspensión delantera para un mejor funcionamiento.

## **6.2. Recomendaciones**

En el diseño CAD del bastidor y sistemas mecánicos considerar ángulos de doblado de los tubos que puedan ser realizados con los equipos disponibles, de tal manera que la geometría deseada no afecte a las propiedades mecánicas del material debido a su deformación.

Para futuros diseños considerar el uso de materiales más ligeros tales como aleaciones de aluminio, de tal manera de reducir considerablemente el peso del vehículo con el objetivo de aprovechar al máximo la potencia del sistema de propulsión y un menor consumo energético.

Para el uso del vehículo monoplaza el usuario debe contar con los implementos de seguridad necesarios tales como casco y guantes, además de apearse a las leyes de tránsito vigentes para todo tipo de vehículos.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, José.** *Técnicas del automóvil chasis*. 8va. Ed. Madrid, Paraninfo, 2011. Pp
- AMERICAN, Honda.** *Honda's Pro-Link and unit Pro-Link rear suspension systems* [En línea]. Honda, 03 junio 2013. [Consulta: 05 abril 2018]. Disponible en: <http://powersports.honda.com/experience/articles/090111c081166844.aspx>
- ANDRINO, Juan.** *Mecánica y entrenamiento simple del automóvil*. [En línea]. (Documento electrónico). (Ingeniera). Subdirección adjunta de conocimiento vial. 2016. pp. 99-124. [Consulta: 2018-02-04]. Disponible en: <http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/formacion-vial/cursos-para-profesores-y-directores-de-autoescuelas/XIX-curso-de-profesores/Mecanica-y-entrenamiento-simple-del-automovil.pdf>
- ARIAS, Manuel.** *Manual de automóviles*. 55a. Ed. Madrid, Dossat 2000 S.L., 2004. Pp
- BOONSTRA** "Recambios usados y/o de segunda mano para chasis.". [En línea], n.d., [Consulta: 10 abril 2018]. Disponible en: [https://www.boonstraparts.com/es/recambios/mke=honda/cat=chasis+\\_+cuadros/prt=tija\\_v%C3%A1stago+inferior+de+direcci%C3%B3n](https://www.boonstraparts.com/es/recambios/mke=honda/cat=chasis+_+cuadros/prt=tija_v%C3%A1stago+inferior+de+direcci%C3%B3n)
- CARPINTERO, José.** *Soldadura Básica: Guía Práctica*. 1ra. Ed. Colombia, Ediciones de la U, 2013. Pp 105-107.
- CASTILLERO, Oscar.** "Tipos de discapacidad física (y características)", *Psicología y mente*. [En línea] 2018. [Consulta: 04 de Abril de 2018.] pp. 4. Disponible en: <https://psicologiymente.com/salud/tipos-de-discapacidad-fisica>
- CASTRO, Miguel.** *Biblioteca técnica y práctica de la motocicleta: suspensión dirección frenos*. Barcelona, Ceac, 2001, pp. 13-76
- CUJANO, Estefany.** *Implementación de un sistema de control para el manejo automático de una silla de ruedas*. [En línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniera). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2013. pp. 53-57. [Consulta: 2018-26-03]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2877>
- COCHES.** *Frenos cerámicos, sus ventajas y otros detalles* [En línea]. Mario Nogales, 2017. [Consulta: 08 de abril 2018]. Disponible en: <https://noticias.coches.com/consejos/frenos-ceramicos-ventajas-y-detalles/247220>

- DÍAZ, Vicente.** *Ejes y árboles, Clase de ejes*, [En línea]. Academia.edu, 04 noviembre 2011, 2011. [Consulta: 10 abril 2018]. Disponible en: [https://www.academia.edu/8946195/EJES\\_Y\\_%C3%81RBOLES?auto=download](https://www.academia.edu/8946195/EJES_Y_%C3%81RBOLES?auto=download)
- DOMÍNGUEZ, Esteban.** *Elementos amóviles de la carrocería*. Madrid, Editex, 2008, pp.
- EL TELÉGRAFO.** *Personas con discapacidad esperarán hasta agosto por mejoras en el transporte público* [En línea]. Guayaquil: Lylibeth Coloma, 2016. [Consulta: 08 de abril 2018]. Disponible en: <https://www.itelegrafo.com.ec/noticias/sociedad/6/personas-con-discapacidad-esperaran-hasta-agosto-por-mejoras-en-el-transporte-publico>
- GÓMEZ, T; et al. NAVARRO.** *Elementos estructurales del vehículo*. Madrid, Paraninfo, 2016, pp. 29-89.
- GÓMEZ, Tomás.** *Transporte y mantenimiento de vehículos: Elementos estructurales del vehículo*. Madrid, Paraninfo, 2009. pp. 56-58.
- HOMOLOGAR.** “Homologar Ruedas, Frenos y Suspensiones en Motos de carretera o montaña.”. [En línea], n.d., [Consulta: 10 abril 2018]. Disponible en: <http://www.homologar.com/spa/item/moto-ruedas.html>
- INGEMECÁNICA.** “Sistema de suspensión en los vehículos”. [En línea], n.d., [Consulta: 10 abril 2018]. Disponible en: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn73.html>
- KALPAKJIAN, Serope; & SCHMID, Steven.** *Manufactura, ingeniería y tecnología*. 4ta.Ed. México, Pearson Educación, 2002. p. 1071.
- MEDICALEXPO** *Silla de ruedas eléctrica* [En línea]. n.d., [Consulta: 10 abril 2018]. Disponible en: <http://www.medicaexpo.es/prod/drive-devilbiss-usa/product-89641-568989.html>
- MEGANEBOY, Dani.** "Suspensiones", *Aficionados a la mecánica*. [En línea] 2014. [Consulta: 04 de Abril de 2018.] pp. 4. Disponible en: <http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension2.htm>.
- MEGANEBOY, Dani.** "Sistema de Dirección", *Aficionados a la mecánica*. [En línea] 2014. [Consulta: 10 de Abril de 2018.] pp. 4. Disponible en: <http://www.aficionadosalamecanica.net/direccion.htm>.
- MOTOKOST.** “Pistas/ Cojinetes Direccion Yamaha X-Max 125/ 250”. [En línea], n.d., [Consulta: 10 abril 2018]. Disponible en: <https://www.motokost.com/pistas-cojinetes-direccion-yamaha-x-max-125-250-184220420-ART>

- MOTOS.NET** *Geometría básica de la moto* [En línea, 17 de enero 2011. [Consulta: 10 abril 2018]] Disponible en: [https://motos.coches.net/noticias/reportaje/geometria\\_basica\\_moto/](https://motos.coches.net/noticias/reportaje/geometria_basica_moto/)
- MOTT, Robert.** *Diseño de elementos de máquinas*. México, Pearson Education, 2006. pp. 54-58.
- NAVARRO, José.** *Transporte y mantenimiento de vehículos: Elementos fijos*. México, Paraninfo, 2010. pp. 18-159.
- OMS.** *Pautas para el suministro de sillas de ruedas manuales en entornos de menores recursos*. 1ra. Ed. Ginebra, WHO press, 2008. pp 21-30.
- PINTEREST.** “Sistema uni-trak”. [En línea], n.d., [Consulta: 10 abril 2018]. Disponible en: <https://www.pinterest.com/pin/383017143282166958/?lp=true>
- RAMÍREZ, David.** “El diseño conceptual del vehículo FSAE”. *Aplicaciones de la realidad virtual en la ingeniería mecánica y automotriz*. [En línea], 2013 (México) [Consulta: 10 julio 2018]. Número ISSN: 1607 – 6079. Disponible en: <http://www.revista.unam.mx/vol.14/num5/art06/#>
- SUÁREZ, J; et al. MORÁN.** *Diseño e ingeniería con autodesk inventor*. Madrid, Pearson Educación S.A., 2006, p.10.
- UNA CIUDAD PARA TODOS.** “Manual con las medidas básicas para la construcción”. [En línea], n.d., [Consulta: 10 abril 2018]. Disponible en: <http://www.unaciudadparatodos.com/sccs/manual.php?id=2>
- VOROMV.** “Novedades 2016. Así es la nueva gama Triumph clásica”. [En línea], 2015, [Consulta: 10 abril 2018]. Disponible en: <https://www.voromv.com/2015/11/novedades-2016-asi-es-la-nueva-gama.html>
- YAMAHA.** “SUSPENSIÓN MONOCROSS”. [En línea], n.d., [Consulta: 10 abril 2018]. Disponible en: <http://www.incolmotos-yamaha.com.co/site/Inicio/Corporativo/Tecnologia-Yamaha-2/suspension-monocross-progresiva>
- ZEPEDA, Braulio; et al. Hernández.** *Diseño y fabricación de una silla de ruedas eléctrica modular para un paciente con Amelia congénita*. [En línea]. (Trabajo de titulación). (Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de ingeniería. 2013. pp. 13-15. [Consulta: 2018-27-03]. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/5015/Tesis.pdf?sequence=1>