

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO

TEMA  
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO PARA LA  
MOVILIZACIÓN DE AUTOS COLISIONADOS QUE PERMITA LA  
REDUCCIÓN DEL TIEMPO EN UN TALLER

AUTORES  
DAVID ANDRES ESPINOSA MARTINEZ  
ANGHELO ALEXANDER MOLINA RENGIFO

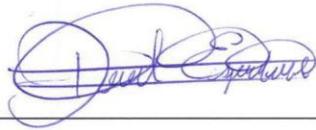
TUTOR  
VICTOR HUGO CABRERA MORETA

Quito, Julio del 2017

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, David Andres Espinosa Martínez con documento de identificación N°172408735-6 y Anghelo Alexander Molina Rengifo con documento de identificación N°171783136-4, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Trabajo de Titulación: “Diseño y construcción de un dispositivo para la movilización de autos colisionados que permita la reducción del tiempos en un taller”, el mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores, nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



David Andres Espinosa Martínez

CI: 172408735-6

Quito, Julio del 2017



Anghelo Alexander Molina Rengifo

CI: 171783136-4

Quito, Julio del 2017

## **DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR**

Yo, Víctor Hugo Cabrera Moreta declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Proyecto de Titulación: “Diseño y construcción de un dispositivo para la movilización de autos colisionados que permita la reducción del tiempos en un taller”, realizado por David Andres Espinosa Martínez y Anghelo Alexander Molina Rengifo, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerado como Trabajo Final de Titulación.

Quito, Julio 2017



---

Ing. Víctor Hugo Cabrera Moreta. Mg

## DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mis padres Angel Molina y Nancy Rengifo, por su apoyo incondicional, por sus consejos, valores y motivarme con su ejemplo a ser perseverante y comprometido. A mi hermana Yessenia Molina, porque hubo mejor amiga en las buenas y en las malas. Y a mi esposa, María Belén Media, por su compañía y ser mi inspiración en todo momento.

*Anghelo Molina.*

El presente trabajo lo dedico con mucho cariño a mis padres, por cada una de las enseñanzas inculcadas en el momento justo de mi vida, por ser mi fuente de amor incondicional y por todo el apoyo brindado durante este trayecto. A mis hermanos por estar presentes cuando más los necesite y ser parte de mis alegrías día a día.

*David Espinosa.*

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar agradecemos a Dios, por su providencia que fue abriendo los caminos a lo largo de esta carrera estudiantil. De manera especial, un cordial agradecimiento al Ingeniero Víctor Hugo Cabrera por haber entregado su tiempo y conocimiento para la elaboración del proyecto, también a MADIC-MET por confiar y brindarnos todo su apoyo en la correspondiente construcción del dispositivo.

# ÍNDICE

RESUMEN .....	xiii
INTRODUCCIÓN .....	16
OBJETIVOS DEL PROYECTO .....	17
OBJETIVO GENERAL .....	17
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
CAPITULO I.....	18
MARCO TEÓRICO .....	18
1.1    Problema de estudio .....	18
1.2    Sistemas utilizados para la movilización de vehículos dentro de un taller automotriz.....	21
1.2.1    Gatas hidráulicas tipo lagarto.....	22
1.2.2    Patines hidráulicos.....	24
1.2.3    Transportadores de vehículos caseros.....	25
1.3    Flujo de trabajo de un taller automotriz .....	26
CAPITULO II .....	30
ESTUDIO DE ALTERNATIVAS .....	30
2.1    Instalación de un puente grúa en un taller automotriz para trasladar vehículos colisionados.....	30
2.1.1    Partes principales de un puente grúa .....	30
2.1.2    Movimientos del puente grúa.....	31
2.1.3    Riesgos de un puente grúa.....	32

2.2	Estación completa de trabajo .....	33
2.2.1	Herramientas y equipos para reparación de vehículos colisionado.....	33
2.3	Dispositivo para fácil traslado de vehículos colisionados (FTVC) .....	35
2.4	Cuadro de Alternativas .....	36
CAPITULO III .....		37
DISEÑO DE DISPOSITIVO PARA FÁCIL TRASLADO DE VEHÍCULOS COLISIONADOS (FTVC) .....		37
3.1	Dimensiones del dispositivo FTVC.....	37
3.2	Estudio de prototipos .....	39
3.3	Diseño de brazo telescópico .....	44
3.3.1	Cálculo de los componentes críticos del brazo telescópico. ....	46
Factor de modificación de la condición superficial .....		50
Límite de resistencia a la fatiga .....		51
Límite de resistencia a la fatiga en ubicación crítica .....		51
3.3.2	Simulación del brazo telescópico. ....	51
3.3.3	Selección de garruchas .....	55
3.4	Diseño del chasis. ....	56
3.4.1	Calculo del componente crítico del chasis. ....	57
3.4.2	Simulación del chasis. ....	61
3.5	Diseño de bandeja soporte de gata hidráulica. ....	64
3.5.1	Simulación de bandeja soporte de gata hidráulica. ....	65
3.6	Diseño de torres. ....	66

3.6.1	Calculo de la torre. ....	67
3.6.2	Simulación de torre. ....	71
3.7	Diseño del volante. ....	73
3.7.1	Selección de ruedas. ....	74
3.7.2	Simulación de eje principal. ....	75
3.7.3	Simulación conector estructural. ....	76
3.8	Diseño del bloqueo de seguridad. ....	77
CAPITULO IV .....		80
ANÁLISIS DE COSTOS Y RESULTADOS. ....		80
4.1	Análisis de Costos. ....	80
4.2	Análisis de resultados. ....	85
CONCLUSIONES .....		88
RECOMENDACIONES .....		90
LISTA DE REFERENCIAS .....		91

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Vehículo inhabilitado.....	20
<b>Figura 2</b> Colisión frontal de automóvil. ....	21
<b>Figura 3</b> Gata tipo lagarto. ....	22
<b>Figura 4</b> Plano gato tipo lagarto. ....	23
<b>Figura 5</b> Patín hidráulico. ....	24
<b>Figura 6</b> Dispositivo GoCart o remolque Dolly .....	26
<b>Figura 7</b> Dispositivo Uni-Dolly. ....	26
<b>Figura 8</b> Simbología para diagrama de flujo. ....	28
<b>Figura 9</b> Diagrama de Flujo de un Proceso para la Reparación de Vehículos Colisionados.....	29
<b>Figura 10</b> Puente Grúa Mono viga.....	30
<b>Figura 11</b> Prototipo 1. ....	40
<b>Figura 12</b> Prototipo 2. ....	41
<b>Figura 13</b> Prototipo 3. ....	41
<b>Figura 14</b> Partes principales del dispositivo para FTVC. ....	44
<b>Figura 15</b> Tubo cuadrado exterior. ....	45
<b>Figura 16</b> Ensamble brazo telescópico.....	45
<b>Figura 17</b> Brazo telescópico ensamble completo.....	46
<b>Figura 18</b> Diagrama de cuerpo libre, viga interna.....	47
<b>Figura 19</b> Simulación esfuerzo máximo soportado por la viga de 80x 80x3 mm. ....	52
<b>Figura 20</b> Simulación deflexión máxima de la viga 80x80x3 mm. ....	52
<b>Figura 21</b> Simulación brazo telescópico, Von Mises Stress. ....	53
<b>Figura 22</b> Simulación brazo telescópico, desplazamiento. ....	54
<b>Figura 23</b> Simulación brazo telescópico, Safety Factor.....	55

<b>Figura 24</b> Ficha técnica rueda. ....	56
<b>Figura 25</b> Ficha técnica soporte de rueda.....	56
<b>Figura 26</b> Chasis.....	56
<b>Figura 27</b> Diagrama de cuerpo libre, viga lateral del chasis. ....	57
<b>Figura 28</b> Forma de soldadura.....	59
<b>Figura 29</b> Simulación esfuerzo máximo soportado por la viga de 75x75x3 mm. ....	62
<b>Figura 30</b> Simulación desplazamiento máximo soportado por la viga de 75x75x3mm.....	62
<b>Figura 31</b> Simulación desplazamiento máximo del chasis. ....	63
<b>Figura 32</b> Simulación esfuerzo máximo soportado por el chasis.....	63
<b>Figura 33</b> Portes de la bandeja soporte de gata hidráulica .....	64
<b>Figura 34</b> Simulación de bandeja soporte de gata hidráulica, esfuerzo Von Mises..	65
<b>Figura 35</b> Simulación de bandeja soporte de gata hidráulica, máximo desplazamiento. ....	65
<b>Figura 36</b> Simulación de bandeja soporte de gata hidráulica, factor de seguridad. ..	66
<b>Figura 37</b> Acople de la torre en la viga interior del brazo telescópico. ....	66
<b>Figura 38</b> Mordaza. ....	67
<b>Figura 39</b> Diagrama del cuerpo libre, torre. ....	68
<b>Figura 40</b> Diagrama esfuerzo cortante en pasador. ....	70
<b>Figura 41</b> Simulación torre, tensión Von Mises.....	72
<b>Figura 42</b> Simulación torre, factor de seguridad. ....	72
<b>Figura 43</b> Partes que conforman el volante del dispositivo FTVC. ....	73
<b>Figura 44</b> Diagrama de cuerpo libre soporte, eje principal. ....	74
<b>Figura 45</b> Simulación eje principal, esfuerzo Von Mises. ....	75
<b>Figura 46</b> Simulación eje principal, factor de seguridad. ....	76

<b>Figura 47</b> Simulación conector estructural, esfuerzo Von Mises. ....	77
<b>Figura 48</b> Simulación conector estructural, factor de seguridad.....	77
<b>Figura 49</b> Mecanismo de bloqueo de seguridad.....	78
<b>Figura 50</b> Diagrama esquemático del mecanismo de bloqueo.....	78

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Siniestros de Tránsito por Tipo a Nivel Nacional Septiembre- 2016 .....	19
<b>Tabla 2</b> Porcentaje de choque más comunes registrados en un taller automotriz. ....	19
<b>Tabla 3</b> Ficha técnica gata tipo lagarto.....	23
<b>Tabla 4</b> Especificaciones técnicas patín hidráulico .....	25
<b>Tabla 5</b> Análisis de Alternativas. ....	36
<b>Tabla 6</b> Dimensiones principales y pesos de vehículos Mazda.....	38
<b>Tabla 7</b> Ventajas e inconvenientes de los prototipos .....	43
<b>Tabla 8</b> Costo de Materiales. ....	81
<b>Tabla 9</b> Costo de Insumos. ....	82
<b>Tabla 10</b> Costo mano de obra.....	83
<b>Tabla 11</b> Costo de consumibles.....	84
<b>Tabla 12</b> Costos totales directos. ....	84
<b>Tabla 13</b> Costos totales indirectos.....	85
<b>Tabla 14</b> Costo total del dispositivo.....	85
<b>Tabla 15</b> Tiempo de movilización sin dispositivo FTVC. ....	85
<b>Tabla 16</b> Tiempo de movilización con dispositivo FTVC. ....	85
<b>Tabla 17</b> Costo persona, movilización sin dispositivo FTVC.....	86
<b>Tabla 18</b> Costo persona, movilización con dispositivo FTVC.....	86
<b>Tabla 19</b> Costo-tiempo reparación vehículos. ....	87
<b>Tabla 20</b> Reducción de costo mensual. ....	87
<b>Tabla 21</b> Propiedades flexionantes de las soldaduras de filete. ....	1
<b>Tabla 22</b> Parámetros en el factor de la condición superficial.....	2
<b>Tabla 23</b> Factores de confiabilidad $k_e$ , límite de resistencia a la fatiga.....	2

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación. 1: Carga de diseño .....	46
Ecuación. 2: Fuerza de diseño .....	46
Ecuación. 3: Momento flector en voladizo .....	47
Ecuación. 4: Esfuerzo máximo .....	48
Ecuación. 5: Factor de seguridad .....	48
Ecuación. 6: Deflexión máxima viga en voladizo .....	49
Ecuación. 7: Limite de resistencia a la fatiga .....	49
Ecuación. 8: Factor de modificación de la condición superficial.....	50
Ecuación. 9: Factor de confiabilidad.....	50
Ecuación. 10: Limite de resistencia a la fatiga.....	51
Ecuación. 11: Limite de resistencia a la fatiga en ubicación crítica .....	51
Ecuación. 12: Momento flector con dos apoyos.....	57
Ecuación. 13: Deflexión viga con dos apoyos .....	58
Ecuación. 14: Área total de la garganta .....	59
Ecuación.15: Fuerza cortante .....	60
Ecuación. 16: Segundo momento unitario de línea.....	60
Ecuación. 17: Segundo momento del área.....	60
Ecuación. 18: Esfuerzo cortante en la garganta.....	61
Ecuación. 19: Fuerza crítica sometida al elemento .....	68
Ecuación. 20: Esfuerzo máximo en compresión .....	69
Ecuación. 21: Esfuerzo máximo permisible .....	70
Ecuación. 22: Área de la sección transversal del pasador .....	71
Ecuación. 23: Reacción a una carga sometida .....	74
Ecuación.24:Grados de libertad .....	79
Ecuación. 25: Ahorro por movilización .....	87
Ecuación. 26: Periodo de retorno .....	88
Ecuación.27: ROI.....	88

## RESUMEN

Este proyecto tiene la finalidad de diseñar un dispositivo el cual permita la fácil trasportación de vehículos livianos colisionados que posean un peso máximo de hasta 1,8 Ton, dentro de un taller automotriz.

En el capítulo uno se realizará una breve explicación de los tipos de colisiones y estadísticas presentadas por la agencia nacional de tránsito, así también se mencionará los sistemas utilizados actualmente para la movilización de vehículos dentro de un taller y la intervención de los mismos dentro del flujo de trabajo.

El segundo capítulo muestra un estudio de las alternativas posibles que se pueden implementar para cubrir esta necesidad de movilidad dentro del taller.

En el capítulo tres se detalla el diseño y simulación de las partes que conforman el dispositivo para fácil traslado de vehículos colisionados (FTVC), el cual está compuesto por cuatro partes esenciales que son, el volante, los brazos telescópicos, el chasis y el bloqueo.

El capítulo cuatro detalla los recursos económicos que se emplean para la construcción del dispositivo FTVC y los resultados obtenidos en las pruebas con el mismo.

**Palabras claves:** diseño, construcción, dispositivo, movilización, vehículos, colisionados, reducción, tiempo.

## ABSTRACT

This project has the purpose of designing a device that allows the easy transportation of collapsed light vehicles that have a maximum weight of 1.8 Ton, inside an automotive workshop.

*First Chapter* will provide a brief explanation of the types of collisions and the most frequent statistics presented by the national transit agency, as well as the systems currently used for the mobilization of vehicles within a workshop and their intervention inside the workflow.

*Second chapter* shows a study of possible alternatives that can be implemented to meet this need for mobility within the workshop.

*Third Chapter* details the design and simulation of the parts that make up the device for easy transfer of collided vehicles (FTVC), which is composed of four essential parts are the steering wheel, the telescopic arms, the chassis and the lock .

*Fourth Chapter* details the economic resources that are used for the construction of the FTVC device and the results obtained in the tests with the same.

**Keywords:** Design, construction, device, mobilization, vehicles, collision, reduction, time.

## INTRODUCCIÓN

El Ecuador registra una estadística muy alta de accidentes y siniestros en los cuales como resultado hay un número elevado de vehículos colisionados, todos los meses existen varios accidentes de diversos tipos, como pueden ser estrellamientos, pérdida de pista, choques frontales, colisiones, volcamientos. La mayoría de los vehículos involucrados en siniestros son automóviles, camionetas y jeeps, que están dentro de las 1.8 toneladas como peso neto.

Todos estos vehículos colisionados en la mayoría de los casos, pasan a centros de colisiones y talleres automotrices, en los cuales, el uso de dispositivos para facilitar el traslado de los vehículos colisionados son muy indispensables, permitiendo generar un ahorro en el tiempo de movilización de una sección a otra para su posterior arreglo y reconstrucción.

Muchos de los talleres automotrices no poseen un dispositivo que les ayude en la movilización de los autos colisionado, ya sea por desconocimiento, por su precio o por que no cumplen las expectativas requeridas para un trabajo seguro.

Por medio del presente proyecto se busca diseñar y construir un dispositivo capaz de reducir el tiempo requerido para el traslado de automóviles livianos colisionados, dentro de un taller automotriz, además de reducir el número de personas que, actualmente, se necesitan para realizar dicha acción, proporcionándoles seguridad y comodidad al momento de la utilización del dispositivo.

## **OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar y construir un dispositivo para la movilización de autos colisionados que permita la reducción del tiempo en un taller automotriz.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar el tiempo que actualmente toma el traslado de un vehículo colisionado dentro de un taller automotriz.
- Determinar el número de personas promedio necesarias para la movilización de un vehículo colisionado dentro de un taller automotriz.
- Determinar los lineamientos de resistencia mecánica para el diseño y construcción del dispositivo.
- Realizar un análisis comparativo de tiempos con y sin el dispositivo en un taller automotriz.
- Analizar el costo beneficio en la valoración del proyecto.

## CAPITULO I

### MARCO TEÓRICO

#### 1.1 Problema de estudio

En el Ecuador, como en el mundo, los accidentes de tránsito son episodios que ocurren a diario, todos los meses se registran siniestros en los que están involucrados automotores.

Según el Art. 338 de la ley orgánica de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial; se entiende por accidente de tránsito el suceso súbito, imprevisto y ajeno a la voluntad de las personas, en el que haya intervenido al menos un vehículo automotor en circulación, en una vía pública o privada con acceso al público, destinada al tránsito de vehículos, personas y/o animales, y que como consecuencia de su circulación o tránsito, cause lesiones corporales, funcionales u orgánicas a la persona, incluyendo la muerte o discapacidad [1].

Los siniestros de tránsito según la ANT se encuentran categorizados como se muestra en la Tabla1, pero, para este estudio se toma como referencia los siniestros de tipo estrellamiento, pérdida de pista, choque frontal, colisión y volcamiento, debido a que, como se puede observar en la Tabla 1, son los accidentes más frecuentes y en los que muchas veces los elementos mecánicos de un automóvil se ven perjudicados.

TIPO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL A SEPTIEMBRE 2016	%
Choque lateral	888	739	675	676	708	633	723	648	572	6282	27,72
Atropello	430	402	418	396	358	386	376	383	342	3491	15,45
Estrellamiento	429	351	326	313	320	299	338	325	293	2994	13,25
Pérdida de pista	339	304	257	262	221	250	273	267	244	2417	10,7
Choque posterior	320	278	265	276	269	231	273	237	202	2351	10,41
Rozamiento	168	186	141	171	154	169	184	159	165	1497	6,63
Choque frontal	155	135	133	127	125	121	111	97	104	1108	4,9
Colisión	87	88	81	57	71	53	72	70	51	630	2,79
Caída de pasajero	56	61	78	59	70	74	75	78	71	622	2,75
Volcamiento	106	66	65	68	61	58	62	65	65	616	2,73
Otros	43	47	53	34	38	42	47	44	37	385	1,7
Atropellamiento	23	22	21	14	30	43	25	23	19	220	0,97
<b>TOTAL</b>	<b>3044</b>	<b>2679</b>	<b>2513</b>	<b>2453</b>	<b>2425</b>	<b>2359</b>	<b>2559</b>	<b>2396</b>	<b>2165</b>	<b>22593</b>	<b>100</b>
<b>%</b>	<b>13,47</b>	<b>11,86</b>	<b>11,12</b>	<b>10,86</b>	<b>10,73</b>	<b>10,44</b>	<b>11,33</b>	<b>10,61</b>	<b>9,58</b>	<b>100</b>	

**Tabla 1** Sinistros de Tránsito por Tipo a Nivel Nacional Septiembre- 2016 [2].

En la Tabla 2 se puede observar los porcentajes de choques más comunes registrados en un taller automotriz, situado en la ciudad de Quito. Del 70% de los vehículos que presentan choques frontales, al menos el 30% de estos quedan inhabilitados, es decir el sistema de dirección, suspensión, ruedas y mecanismos que permiten el movimiento al vehículo quedan estropeados. De igual manera, del 15% de los choques laterales, al menos 10% de ellos pertenecen a vehículos que quedaron inhabilitados.

Tipo de Choque	Porcentaje
Frontal	70%
Lateral	15%
Posterior	5%
Express	10%

**Tabla 2** Porcentaje de choque más comunes registrados en un taller automotriz.

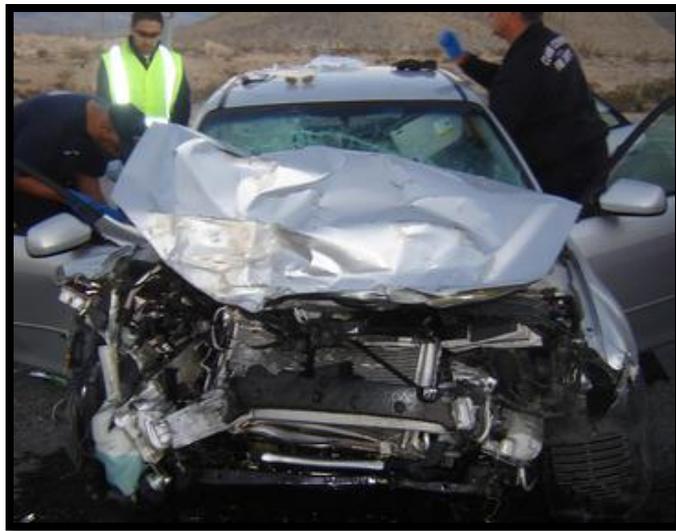


**Figura 1** Vehículo inhabilitado [3].

Los vehículos colisionados que llegan a un taller automotriz, son en primera instancia inspeccionados y evaluados para posteriormente entrar al proceso de reparación. Durante este proceso los vehículos se movilizan dentro del taller, a diferentes áreas de trabajo. Los vehículos que no poseen ningún daño en su sistema de movilización o dirección, son fácilmente desplazados, sin embargo los vehículos que se encuentran inhabilitados no pueden ser movilizadas de igual manera. En la actualidad, muchos de los talleres automotrices no poseen dispositivos que les permitan movilizar de una forma adecuada a vehículos que presenten un daño de tal magnitud, generando pérdida de tiempo e inseguridad al personal asignado para realizar este trabajo.

Según datos proporcionados por el centro de colisiones de un taller automotriz, el tiempo requerido para trasladar un vehículo inhabilitado de una sección a otra es de 40 minutos, con 4 personas designadas para esta acción, tomando en cuenta que entre las dos secciones existe alrededor de 70 metros de distancia. Para realizar la movilización del automóvil actualmente, se utilizan dispositivos como son los elevadores hidráulicos de patín o mejor conocidos como *gatos hidráulicos*.

En el estudio realizado para el proyecto se determinó que el 25% de los choques frontales, provocan daños al motor de los vehículos y el trabajo de reparación ya no solo está limitado a los sistemas de dirección del vehículo. Para poder repararlo, primero, el automóvil debe de ser elevado y posteriormente se retirará el motor para su arreglo. En lo que dura la reparación de motor el vehículo queda suspendido en el elevador, generando pérdida de tiempo hora máquina, este es uno de los principales problemas que poseen varios talleres automotrices en el Ecuador.



**Figura 2** Colisión frontal de automóvil [4].

## **1.2 Sistemas utilizados para la movilización de vehículos dentro de un taller automotriz.**

A continuación se describe sistemas utilizados para la movilización de vehículos dentro de un taller automotriz, aunque estos sistemas se encuentran en el mercado ecuatoriano, no fueron creados con la finalidad de transportar y movilizar vehículos colisionados, por tanto no cumplen con las características adecuadas para esta operación, es decir son una adaptación para solucionar la necesidad.

### 1.2.1 Gatas hidráulicas tipo lagarto.

Las gatas hidráulicas tipo lagarto son dispositivos mecánicos utilizados para el levantamiento de cargas, principalmente es empleado en los talleres automotrices para elevar vehículos a una altura media-baja.

Están contruidos basados en el Principio de Pascal, “La presión dentro de un líquido confinado en un contenedor se transmite en todas las direcciones con la misma intensidad”[5].

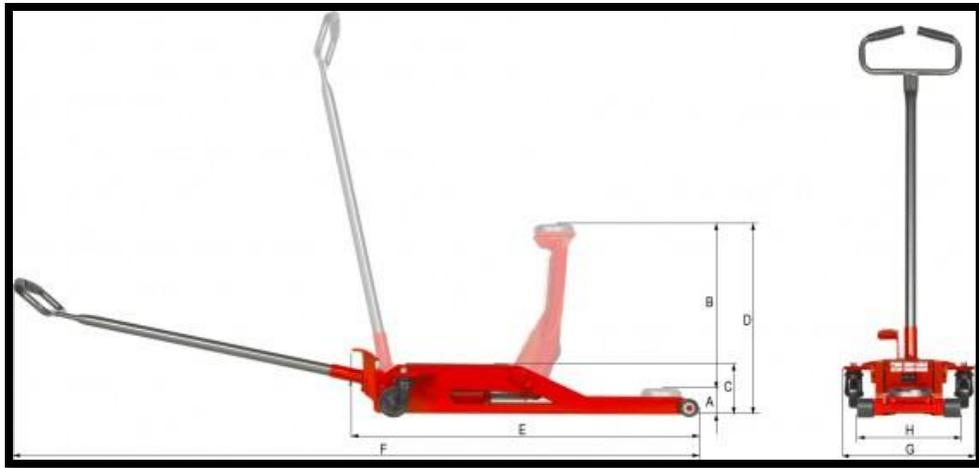


**Figura 3** Gata tipo lagarto [6].

Algunas de las características que poseen esta clases de sistemas hidráulicos son [6]:

- Óptimo aprovechamiento y reparto de material gracias a las aberturas laterales traseras y refuerzos laterales delanteros. Más ligeros pero más robustos.
- Fácil accesibilidad gracias a un chasis muy bajo en los modelos de 2 toneladas. (135mm en su punto más elevado.)

- El asa ergonómica con empuñadura de goma permite el manejo desde cualquier posición.
- Ruedas de poliamida que mejoran la maniobrabilidad, no dañan el suelo, no se oxidan y son silenciosas.
- 75 mm en el punto de elevación del T2.



**Figura 4** Plano gato tipo lagarto [7].

**-Ficha técnica**

<b>Capacidad (t)</b>	<b>1,5</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>A</b>	110	75	65	140
<b>B</b>	665	390	455	385
<b>C</b>	165	135	35	185
<b>D</b>	775	465	520	525
<b>E</b>	1250	880	920	1150
<b>F</b>	2180	1810	1850	2080
<b>G</b>	360	360	360	360
<b>H</b>	360	260	260	260
<b>PESO kg</b>	60,5	32	44,5	46

**Tabla 3** Ficha técnica gata tipo lagarto [7].

### 1.2.2 Patines hidráulicos

Los patines hidráulicos o elevadores hidráulicos de patín son dispositivos mecánicos manuales utilizados para la movilización de cargas, su diseño es similar a un mini montacargas.

Los patines hidráulicos son equipos muy resistentes al trabajo pesado y continuo, cuentan con un par de barras planas en la parte frontal, las cuales se encuentran unidas a través de una especie de mástil que ayudará a elevar las barras paralelas y así poder manipular las tarimas sobre las cuales se va a depositar el producto que se desee [8].



**Figura 5** Patín hidráulico [8].

Según las especificaciones técnicas, se los encuentra en todo tipo de industria por su versatilidad, funcionalidad, y fácil manejo al transportar cargas de un lugar a otro con seguridad.

<b>Modelo: PSD-3000N</b> Capacidad 3000kg Horquillas 1220 x 685 mm (48"x27") Ancho interior horquillas 365 mm (14.375") Ruedas de nylamid Ruedas de carga tipo tándem Palanca de posiciones Altura total con maneral ensamblado 1220 mm Peso 73Kg Pintura esmalte de alta resistencia	<b>Largo de la horquilla</b>	<b>1220 mm (48")</b>
	<b>Ancho del patín</b>	<b>685 mm (27")</b>
	<b>Ancho de la horquilla</b>	<b>160 mm (6,312")</b>
	<b>Altura mínima</b>	<b>85 mm (3,343")</b>
	<b>Altura máxima</b>	<b>203 mm (8")</b>

**Tabla 4** Especificaciones técnicas patín hidráulico [9].

### 1.2.3 Transportadores de vehículos caseros.

Estos tipos de dispositivos están diseñados para el uso doméstico, no para el uso industrial donde el trabajo es constante y variado, aun así son ocupados por varios talleres automotrices. En el mercado ecuatoriano se encuentran dos tipos de dispositivos para uso doméstico, como son los GoCart y los Uni-Dolly.

Los GoCart “son herramientas también llamadas remolque dolly en algunos países, son utilizadas para transportar coches y camionetas de hasta 6.000 libras” [10]; estos dispositivos son colocados debajo de cada una de las ruedas como se puede apreciar en la Figura 6, es necesario que para poder trasladar el automóvil se encuentre en buen estado su sistema de dirección.



**Figura 6** Dispositivo GoCart o remolque Dolly [10].

Por otra parte los dispositivos Uni-Dolly permiten movilizar un automóvil con un peso máximo de 4.800 lb, este tipo de dispositivo son colocados en el compacto del auto, como se muestra en la figura [11].



**Figura 7** Dispositivo Uni-Dolly [11].

### **1.3 Flujo de trabajo de un taller automotriz**

Un diagrama de flujo es un esquema gráfico del funcionamiento interno y las relaciones entre los procesos de la empresa para poder obtener un producto o brindar un servicio determinado [12].

Los talleres automotrices están conformados por diferentes secciones de trabajo, una vez que se realiza la respectiva inspección del vehículo, este irá rotando por las diferentes áreas, de acuerdo a la necesidad del caso se realizará diferentes procesos los cuales repararán el vehículo.

Las áreas o secciones principales que se encuentra en un taller de servicio automotriz son:

**a. Sección Centro de Colisiones**

Es el área o espacio físico junto al taller de servicio automotriz destinado para el almacenamiento de los vehículos colisionados, en espera de una orden de trabajo para ser reparados.

**b. Sección Reparación Mecánica**

En esta área se realiza la reparación o sustitución de partes del sistema mecánico del vehículo, incluye motor, sistemas de transmisión, frenos, embrague, suspensión, dirección, entre otros.

**c. Sección Soldadura**

Es la sección del taller encargada de realizar una inspección técnica y verificación del estado de las piezas, donde se repara y une dos o más partes metálicas mediante calor para evitar sustituir las por una nueva.

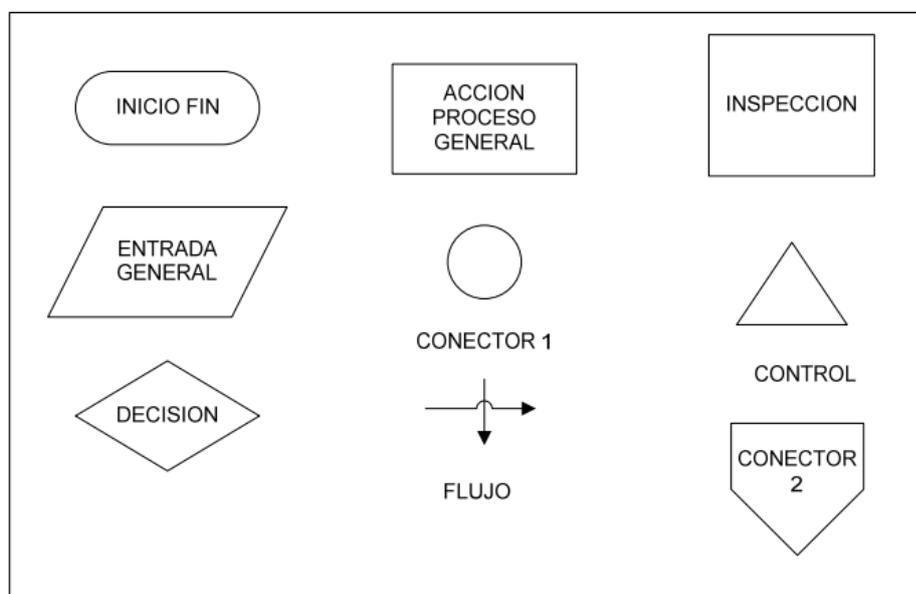
**d. Sección Enderezada y Pintura**

Es la sección encargada del proceso de reparación de piezas afectadas con deformaciones o golpes, en la carrocería y chasis del vehículo, producto del siniestro.

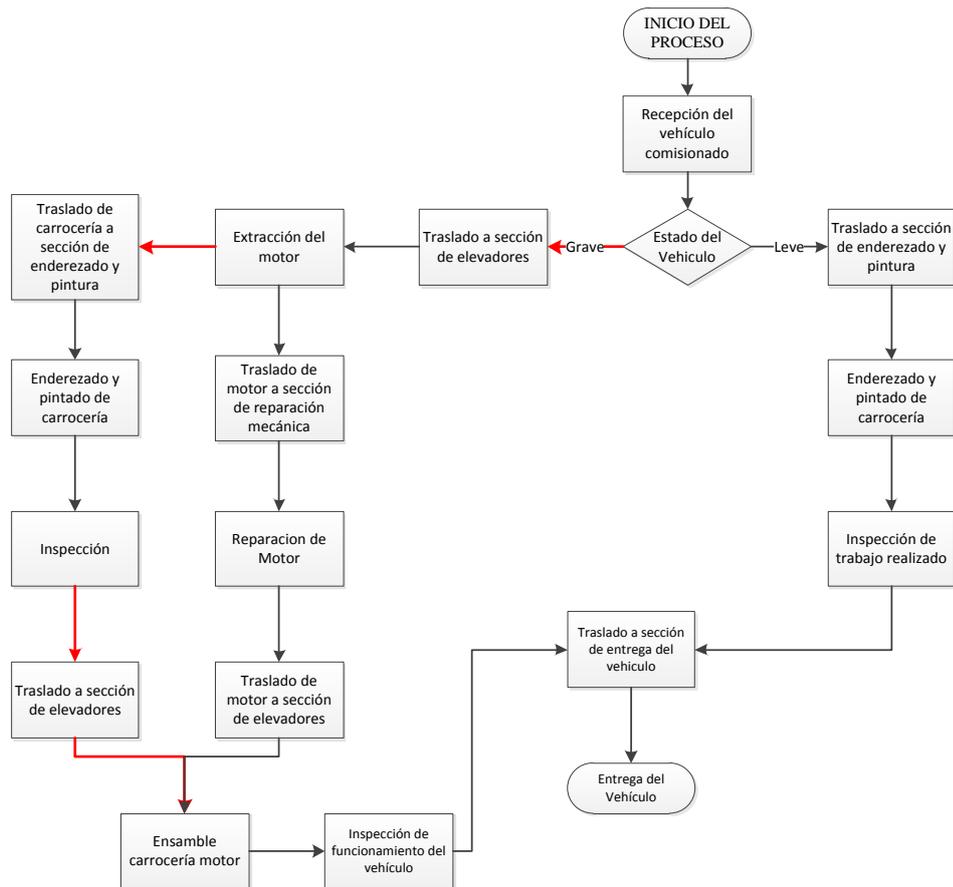
### e. Sección Elevadores

La sección de elevadores tiene varias funciones, esta permite el desmontaje y ensamble de varias partes del automóvil, por tanto es una de las secciones más utilizadas dentro del taller automotriz.

En la Figura 9 se presenta el diagrama de flujo del proceso de reparación para vehículos colisionado, las simbologías utilizadas estas expresadas en la Figura 8.



**Figura 8** Simbología para diagrama de flujo [12].



**Figura 9** Diagrama de Flujo de un Proceso para la Reparación de Vehículos Colisionados

Como se puede observar en el diagrama de flujo de un proceso de reparación para vehículos colisionados, el proceso se divide en dos, el trabajo a desarrollarse cuando se tiene vehículos cuyo estado es leve o presenta daños los cuales no influyen en la movilidad o el funcionamiento del vehículo, y grave cuando el vehículo presenta daños tanto en el funcionamiento del motor, sistema de suspensión y dirección.

Cuando el vehículo a intervenir presenta una estado grave es necesario la utilización de un dispositivo el cual permita desplazar el vehículo entre las diferentes secciones, como se puede observar en la Figura 13, las líneas de flujo rojo son aquellas en las cuales la intervención de esta clase de dispositivos es indispensable para cumplir con el flujo del proceso, debido a que el dispositivo facilita el trabajo y permite reducir los tiempos de movilización.

## CAPITULO II

### ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

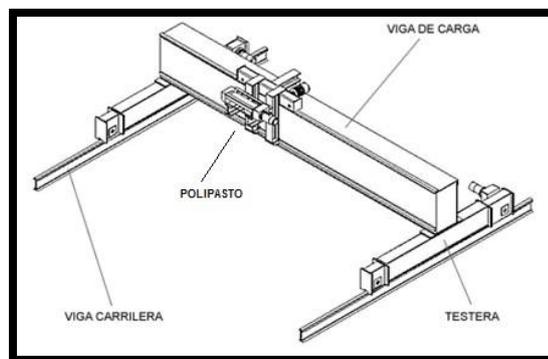
A continuación se plantean tres posibles alternativas con las cuales se podría reducir el tiempo que toma movilizar un vehículo colisionado a las diferentes áreas de trabajo.

#### 2.1 Instalación de un puente grúa en un taller automotriz para trasladar vehículos colisionados

Un puente grúa es un dispositivo utilizado en la industria para levantar y trasladar cargas altas y de gran tamaño, de un punto a otro dentro de una superficie delimitada por la estructura del puente grúa.

Los movimientos permitidos por este dispositivo está en los tres ejes de un sistema de coordenadas (x, y, z) y “su uso se encuentra limitado a su lugar de montaje siendo por tanto una grúa de tipo fijo” [13]. Este dispositivo permitirá movilizar los vehículos colisionados de una sección a otra con mucha facilidad, tomando en cuenta que todas las áreas de trabajo se encuentren dentro de la misma sección en la cual el puente grúa pueda desplazarse.

##### 2.1.1 Partes principales de un puente grúa



**Figura 10** Puente Grúa Mono viga [14].

Entre las partes principales de un puente grúa se puede observar [15]:

**a. Polipasto**

Es el mecanismo de elevación que permite levantar, descender, o mover la carga sujeta mediante un gancho y la cadena o cable a tensión. La elección del polipasto se realiza según la carga, la luz del puente grúa y la funcionalidad de trabajo.

**b. Viga de carga.**

Es la viga principal del puente grúa, y la parte crítica debido a que soporta la carga adquirida por el polipasto. Según el rango de carga se puede utilizar puentes grúa de una y doble viga principal, por la cual circulan los rodillos de rodadura del polipasto.

**c. Testeras.**

Las vigas testeras son el punto de descanso de la viga principal y se encuentran a los extremos de esta, permiten el movimiento a lo largo de la viga carrilera y distribuyen los esfuerzos en los apoyos.

**d. Viga carrilera.**

Estas vigas delimitan la carrera longitudinal del puente grúa, siendo los carriles del camino de rodadura por el cual se desplazan las testeras y la viga principal.

**2.1.2 Movimientos del puente grúa.**

El puente grúa permite tres movimientos descritos a continuación [15]:

- **Elevación-descenso.**

Permite el movimiento vertical, subir o bajar la carga mediante el gancho del polipasto dentro de los rangos establecidos por la altura de la estructura del puente grúa.

- **Longitudinal.**

Permite el movimiento horizontal a lo largo de la estructura, perpendicular a la viga principal, deslizándose sobre las vigas carrileras.

- **Transversal.**

Permite el movimiento horizontal, a lo largo de la viga principal mediante los rodillos de rodadura del polipasto, perpendicular a las vigas carrileras.

Por las características descritas anteriormente, los puentes grúa se limitan a operar dentro de un campo de acción que determina su estructura. En la mayoría de casos industriales se encuentran dentro de galpones cubriendo el área de trabajo de la empresa. La implementación de un puente grúa conlleva una inversión muy alta, consecuentemente la recuperación de inversión toma mucho tiempo, por lo cual debe existir una razonable justificación para la implementación.

### **2.1.3 Riesgos de un puente grúa**

Los factores de riesgo específicos de las grúas, lo constituyen el desplazamiento del equipo (sea en carga o en vacío) y su posible interacción con el personal o con otras máquinas u objetos que se encuentren dentro de la zona de desplazamiento de la grúa. Algunos de los riesgos más frecuentes son el desplome de objetos, golpes por objetos móviles y arrastres o atrapamientos por la carga [16].

**a. Ventajas**

- Alta capacidad de carga.
- Menor número de obstáculos físicos al momento del desplazamiento.
- Tiempo de movilización de vehículos chocados óptimo

**b. Desventajas**

- Costo de inversión elevado.
- Moderado costo de mantenimiento
- Desplazamientos sobre las otras áreas de trabajo y personal.
- Capacitación del personal para el correcto manejo del puente grúa

**2.2 Estación completa de trabajo**

Una segunda alternativa para solucionar el problema planteado es movilizar las herramientas de las diferentes secciones de trabajo hasta el área de colisiones.

Esta alternativa busca evitar el desplazamiento del vehículo colisionado hacia las diferentes secciones de trabajo según el requerimiento, y a su vez desplazar o movilizar las herramientas y equipos a la sección de colisiones donde inicialmente se ubican los vehículos a ser reparados. Obteniendo una mega estación de trabajo.

**2.2.1 Herramientas y equipos para reparación de vehículos colisionado.**

Dentro de las herramientas principales se destacan los siguientes grupos [17]:

- Herramientas de mano.
- Herramientas neumáticas
- Herramientas especiales

Dentro de los equipos se mencionan rápidamente algunos de los más utilizados que son:

- Elevadores hidráulicos
- Bancos de trabajo
- Recolectores de aceite
- Torres de sujeción y embancar
- Prensas
- Equipos de diagnóstico
- Equipos de lubricación
- Kit de enderezada chasis y partes

Tomando como dato que los vehículos a ser reparados son vehículos colisionados y no se puede determinar el grado de afectación hasta iniciar el proceso de reparación, además considerando que pueden existir varios vehículos en proceso, implica tener al menos dos o tres estaciones completas de trabajo con las herramientas y equipos mencionados anteriormente que abastezcan las necesidades requeridas para la reparación. Por tanto es importante considerar que se requiere un área de trabajo más grande.

**a. Ventajas**

- Fácil acceso a los equipos y herramientas de trabajo
- No requiere capacitación de personal
- No requiere movilización de los vehículos colisionados

**b. Desventajas**

- Costo de inversión medio-elevado.
- Requiere modificaciones en la planta

- Adquisición de equipos móviles
- Espacio de trabajo reducido, debido a la presencia de los equipos y herramientas dentro del mismo espacio de trabajo.

### **2.3 Dispositivo para fácil traslado de vehículos colisionados (FTVC)**

Esta alternativa plantea movilizar los vehículos, con un dispositivo tipo coche que ingresa en la parte inferior del vehículo colisionado y lo levanta hasta una determinada altura, suficiente para ingresar el dispositivo y soportar todo el peso sobre las ruedas móviles del mismo.

El dispositivo FTVC busca evitar la exposición de los operarios a maniobras riesgosas al momento del traslado de los vehículos, reduciendo notablemente el tiempo en la ejecución de esta maniobra.

Este dispositivo consta de un volante, ruedas giratorias y su estructura está totalmente construido en acero estructural resistente a cargas de vehículos hasta 1.8 toneladas.

#### **a. Ventajas**

- Fácil construcción
- Fácil mantenimiento
- No requiere modificaciones en la planta para su uso.
- Bajo costo de inversión

#### **b. Desventajas**

- Carga máxima 1.8 toneladas.
- Capacitación del personal para el correcto manejo.

## 2.4 Cuadro de Alternativas

A continuación se presenta un cuadro de alternativas donde se evalúan cada una de las opciones presentadas anteriormente.

Alternativas	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Rango de Valoración
Criterio a Valorar	Puente Grúa	Estación Completa de Trabajo	Dispositivo para Fácil Traslado de Vehículos Colisionados	
Costo de Inversión	2	1	5	Del 1 al 5, siendo 1 costoso y 5 barato
Seguridad	2	4	4	Del 1 al 5, siendo 1 inseguro y 5 muy seguro para el usuario
Capacitación del personal	2	4	5	Del 1 al 5, representando 1 máxima capacitación del personal y 5 mínima capacitación del personal
Modificación del espacio de trabajo	3	1	5	Del 1 al 5, representando 1 varias modificaciones del espacio de trabajo y 5 nula modificación del espacio de trabajo
Mantenimiento	3	2	4	Del 1 al 5, representando 1, un mantenimiento más demorado y costoso, y 5, un mantenimiento menos prolongado y más barato
<b>Total</b>	12	12	23	

**Tabla 5** Análisis de Alternativas.

Como se puede observar en la Tabla 5, la alternativa más conveniente por motivos de inversión, seguridad al usuario, capacitación del personal, modificación del espacio de trabajo y mantenimiento, es la alternativa 3, correspondiente a la implementación de un dispositivo que facilite el traslado de vehículos colisionados.

## **CAPITULO III**

### **DISEÑO DE DISPOSITIVO PARA FÁCIL TRASLADO DE VEHÍCULOS COLISIONADOS (FTVC)**

#### **3.1 Dimensiones del dispositivo FTVC**

Para el diseño del dispositivo FTVC, primero se debe tomar en cuenta la longitud y el ancho con el que cuentan varios vehículos tomando como referencia el peso máximo que se ha planteado; y, posteriormente, obtener medidas estándar para el correspondiente diseño del dispositivo.

Según la capacidad que se ha planteado para el desarrollo del dispositivo, que es de 1.800kg como carga máxima, se puede decir que este es capaz de trabajar sin ningún problema con automóviles, camionetas y vehículos deportivos utilitarios (SUV) de hasta cinco pasajeros.

Como ejemplo de los vehículos se ha tomado algunas versiones de la marca Mazda, debido a la amplia variedad existente en el medio y por poseer una de las camionetas con un peso muy cercano al peso máximo con el que trabajará el dispositivo a desarrollar.

Tipo	Largo total (mm)	Ancho total (mm)	Altura total (mm)	Peso total (kg)
	4320	1695	1470	1021
	5169	1807	1762	1734
	4540	1840	1670	1600

**Tabla 6** Dimensiones principales y pesos de vehículos Mazda [18], [19].

Dentro de los vehículos mencionados se puede observar que estos poseen un peso óptimo, por debajo de la capacidad máxima de diseño, 1.800kg, sin embargo, las dimensiones como longitud total, ancho total, distancia entre ejes y altura total varían considerablemente de un vehículo a otro, por este motivo para el diseño del dispositivo se parte de las siguientes dimensiones que se han obtenido experimentalmente y que se acoplan a la mayoría de modelos de vehículos, obteniendo un dispositivo estándar regulable.

Las dimensiones más convenientes para el desarrollo del dispositivo son las siguientes:

- Largo total: 1.900mm
- Ancho: 650mm
- Altura máxima desde el piso: 165mm

La altura máxima del dispositivo está dada por las ruedas giratorias, que son las encargadas de soportar la carga del vehículo y permitir el rodaje del mismo.

### **3.2 Estudio de prototipos**

Durante el desarrollo de la construcción se realizó tres prototipos en busca del diseño más adecuado, enfocado en la seguridad y facilidad de operación como determinante principal.

A continuación se describe brevemente su funcionamiento, así también las ventajas e inconvenientes que presentan cada uno de los prototipos.

### **a. Prototipo 1**

Este primer dispositivo construido en acero con una viga transversal que permite acoplarse con varios modelos de vehículos sin restricciones en el ancho, contiene dos llantas posteriores giratorias de caucho sólido y un volante para realizar maniobras con el dispositivo.



**Figura 11** Prototipo 1.

El funcionamiento de este prototipo requiere la elevación previa del vehículo mediante un gato hidráulico tipo lagarto para ingresar el dispositivo por la parte frontal, una vez ubicado el dispositivo debajo del vehículo se acopla la viga transversal que soporta el peso del vehículo a ser movilizado.

### **b. Prototipo 2**

El segundo prototipo fue construido en acero y equipado con un gato hidráulico tipo lagarto de 2.75 toneladas sujeta en el chasis del dispositivo, dicho elemento sostiene una viga corta que será la encargada de soportar el peso del vehículo en todo momento.



**Figura 12** Prototipo 2.

El funcionamiento de este prototipo requiere la elevación previa del vehículo mediante caballetes para ingresar el dispositivo debajo del mismo, y aumentar la altura elevando el vehículo con el gato hidráulico hasta poder retirar los caballetes y proceder a moverlo.

### **c. Prototipo 3**

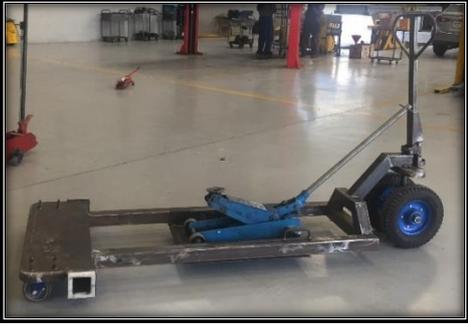
El tercer prototipo combina los dos prototipos anteriores consiguiendo un chasis fijo, dos brazos telescópicos con torres de apoyo, una bandeja móvil como soporte de un gato hidráulico tipo lagarto, dos garruchas giratorias y un volante.



**Figura 13** Prototipo 3.

El funcionamiento de este prototipo al igual que los anteriores requiere la elevación previa del vehículo, mediante caballetes para ingresar el dispositivo debajo y aumentar la altura del mismo con el gato hidráulico hasta ajustar las torres con los brazos telescópicos a la medida necesaria, una vez acoplado se descarga el hidráulico dejando el peso sobre la estructura de los brazos telescópicos momentáneamente, para luego volver a elevar la gata unos cuantos centímetros para que el peso quede distribuido en toda la estructura y poder movilizarlo fácilmente.

Prototipos	Ventajas	Inconvenientes
 <p data-bbox="491 1178 612 1211">Prototipo 1</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="836 864 1091 965">-Llantas grandes facilitan la movilidad con carga.</li> <li data-bbox="836 1010 1123 1070">-Acoplable a diferentes anchos de vehículos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="1147 797 1410 965">-Se dificulta la instalación de la viga, aumentando el tiempo de montaje del dispositivo.</li> <li data-bbox="1147 1010 1410 1070">-No genera seguridad al operario</li> <li data-bbox="1147 1115 1410 1249">-El sistema de fijación del vehículo al dispositivo no es confiable.</li> </ul>
 <p data-bbox="491 1888 612 1921">Prototipo 2</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="836 1619 1123 1753">-El gato hidráulico tipo lagarto facilita el levantamiento del vehículo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="1147 1368 1422 1402">-Genera inestabilidad.</li> <li data-bbox="1147 1447 1422 1648">-El gato hidráulico está sometido a grandes esfuerzos durante el traslado del vehículo, por lo cual no genera seguridad.</li> <li data-bbox="1147 1693 1422 1827">-La altura del dispositivo no es favorable en vehículos bajos.</li> <li data-bbox="1147 1872 1422 2007">-Inconvenientes al acoplarse en el ancho de los vehículos. (no regulable)</li> </ul>

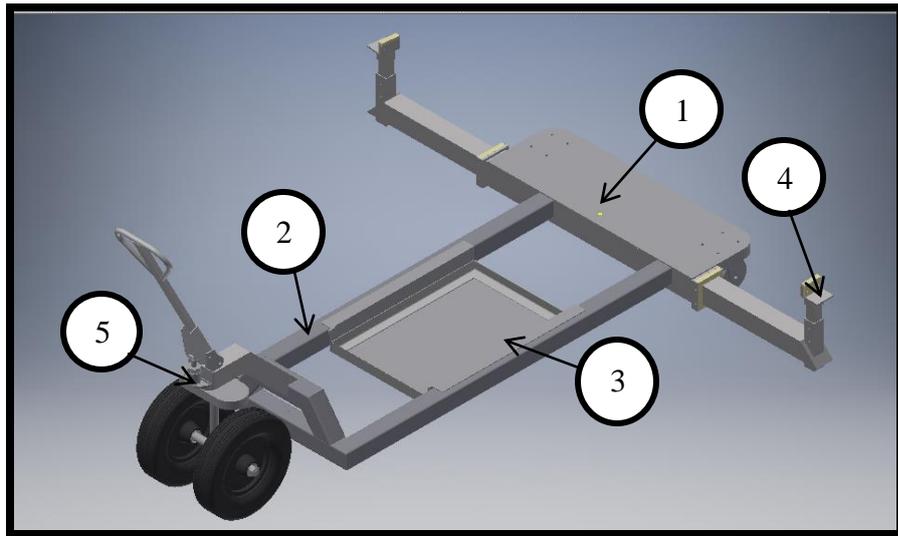
 <p style="text-align: center;">Prototipo 3</p>	<p>-Genera seguridad a los operarios.</p> <p>-Se acopla con facilidad a varios modelos por los brazos telescópicos.</p> <p>-La bandeja soporte para el gato hidráulico es regulable y se adapta a varios modelos y tamaños de gatos hidráulicos.</p> <p>-La altura total del dispositivo, siendo muy baja facilita el montaje del dispositivo.</p>	<p>- La altura del dispositivo no es favorable en vehículos bajos.</p>
--	--	--

**Tabla 7** Ventajas e inconvenientes de los prototipos

El prototipo número tres es el dispositivo que muestra mayores ventajas frente al primero y segundo, después de realizar varias pruebas con vehículos colisionados, este prototipo demostró ser seguro, fácil de montar y desmontar.

Las partes más importantes que constituyen este prototipo seleccionado son las siguientes:

1. Brazo telescópico
2. Chasis
3. Bandeja soporte de gata
4. Torres soporte de auto
5. Volante

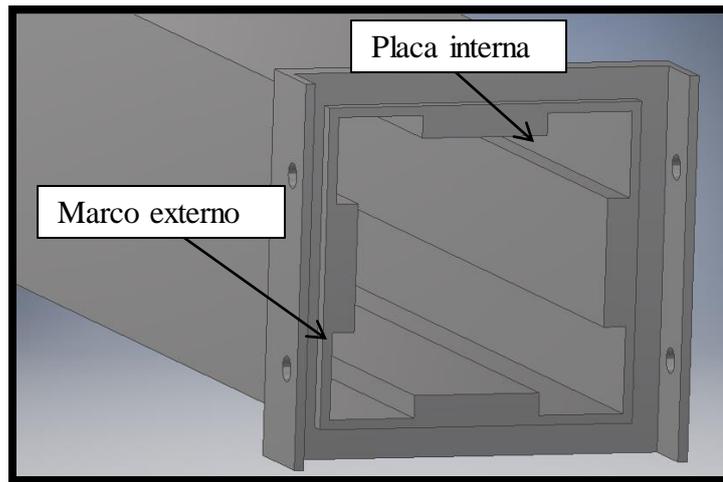


**Figura 14** Partes principales del dispositivo para FTVC.

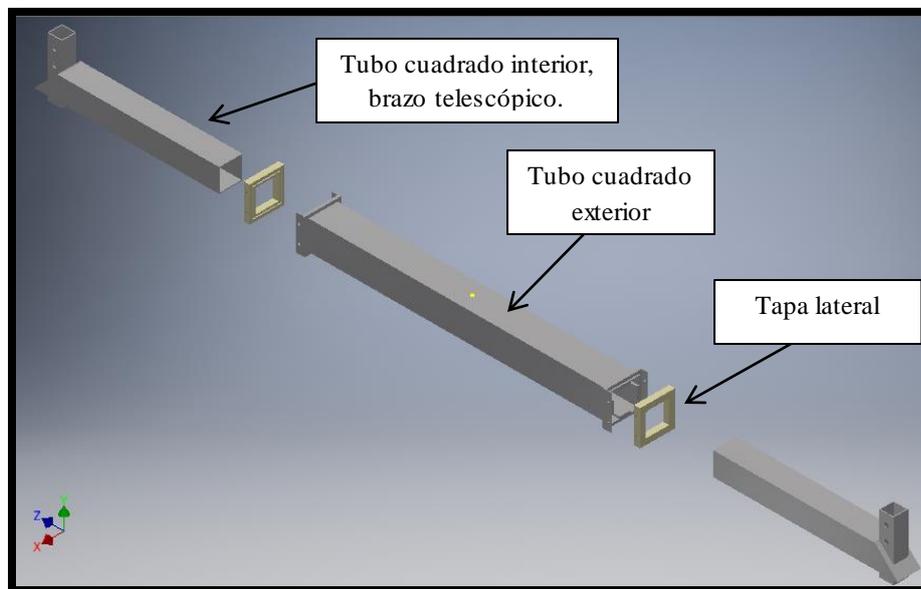
### 3.3 Diseño de brazo telescópico

El brazo telescópico es el elemento que permite acoplar el dispositivo para FTVC a las diferentes dimensiones en el ancho de los vehículos, además mediante unas pinzas de presión fija el vehículo con el dispositivo FTVC de una manera segura evitando deslizamientos inapropiados durante el traslado.

El brazo telescópico está compuesto de un tubo cuadrado exterior y dos tubos cuadrados de menor dimensión que entran dentro del tubo cuadrado exterior por cada lado. El tubo exterior está provisto de placas internas para proporcionar al tubo cuadrado interior mayor ajuste como se muestra en la Figura 12, además de un marco externo que sirve de acople para una tapa lateral hecha de grilon con el fin de evitar que entre polvo o cualquier otro material dentro del brazo telescópico que pueda generar mayor rozamiento y por tanto desgaste, también dicha tapa proporcionará mayor estabilidad a la viga interna cuando se encuentre en su máxima extensión.

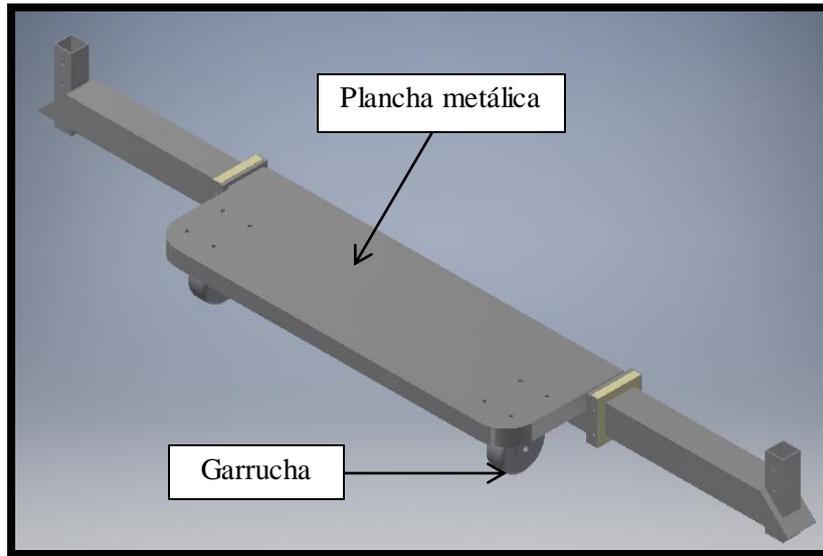


**Figura 15** Tubo cuadrado exterior.



**Figura 16** Ensamble brazo telescópico.

Al brazo telescópico se encuentra soldada una plancha metálica, la cual sirve como apoyo de las garruchas que sostienen el peso del vehículo y permiten su movilización.



**Figura 17** Brazo telescópico ensamble completo.

### 3.3.1 Cálculo de los componentes críticos del brazo telescópico.

La carga que soportará el dispositivo FTVC no es de 1.800 kg plenamente, debido a que, solo se elevará la parte delantera del vehículo para su posterior traslado, este peso es soportado plenamente por el brazo telescópico y aún más por el tubo cuadrado interior que viene a ser el componente más crítico de esta sección. La carga a soportada es:

$$W = \frac{\text{Peso vehículo}}{2} \quad \text{Ec. 1}$$

$$W = 900kg$$

W es la carga de diseño con la que se realizan los cálculos correspondientes y simulación de los elementos.

Siendo la fuerza de diseño:

$$F = m \times g \quad \text{Ec. 2 [20]}$$

Donde:

F = Fuerza de diseño en Newton

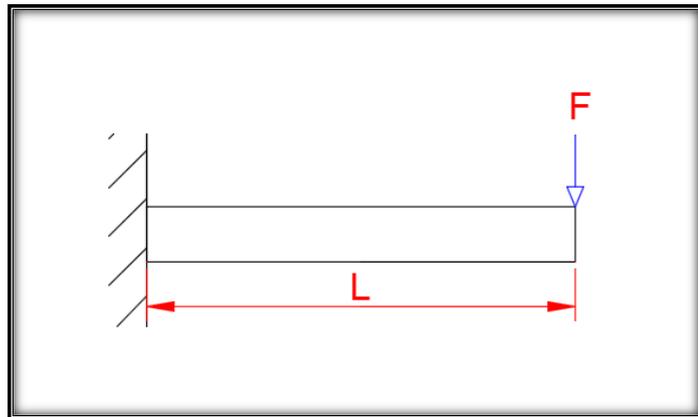
m = masa considerada del vehículo (carga de diseño)

g = gravedad en  $\frac{m}{s^2}$

$$F = 900kg \times 9.8N = \mathbf{8820 N}$$

El material escogido por fácil obtención en el mercado ecuatoriano es el tubo cuadrado de 80x80x3 de acero ASTM A-36.

Para el diseño de la viga interior se realiza el análisis como una viga en voladizo, se procede con las siguientes fórmulas.



**Figura 18** Diagrama de cuerpo libre, viga interna.

$$M = \frac{F}{2} \times L$$

Ec. 3 [20]

Donde:

M = Momento flector en Newton por metro

F = Fuerza de diseño en Newton

L = Longitud de la viga en Metros

$$M = \frac{8820}{2} \times 0.625m = \mathbf{2.756 KN.m}$$

El esfuerzo máximo resistente para esta viga se obtiene por:

$$\sigma_{max} = \frac{M \times c}{I} \quad \text{Ec. 4 [21]}$$

Donde:

$\sigma_{max}$  = Esfuerzo máximo de resistencia

M = Momento flector en Newton \* metro

c = Distancia del eje neutro a la fibra más alejada en metros

I = Momento de inercia de la sección transversal de la viga con respecto al eje neutro

$$\sigma_{max} = \frac{2.756 \times 0.04m}{878 \times 10^{-9} m^4} = \mathbf{125.569MPa}$$

El factor de seguridad se determina con el esfuerzo de fluencia del material entre el esfuerzo máximo

$$FS = \frac{\sigma_{fluencia}}{\sigma_{max}} \quad \text{Ec. 5 [21]}$$

Donde:

FS = Factor de seguridad o diseño

$\sigma_{flu}$  = Esfuerzo a la fluencia del acero en Mega Pascales

$\sigma_{max}$  = Esfuerzo máximo de resistencia en Mega Pascales

$$F_s = \frac{250 \text{ MPa}}{125.569 \text{ MPa}} = \mathbf{1.99}$$

Cálculo de la deflexión

$$y_{max} = \frac{FxL^3}{3EI} \quad \text{Ec. 6 [21]}$$

Donde:

$y_{max}$  = Deflexión máxima en milímetros

F = Fuerza de diseño en Newton

$\sigma_{max}$  = Longitud de la viga en metros

E = Módulo de la elasticidad del material de la viga

I = Momento de Inercia de la sección transversal de la viga con respecto al eje neutro

$$y_{max} = \frac{4410N \times 0,625^3}{3 \times (207 \times 10^9 \text{ N/m}^2) \times 878 \times 10^{-9} \text{ m}^4} = \mathbf{1.97mm}$$

El brazo telescópico al recibir la carga del peso del vehículo directamente, con el paso del tiempo puede presentar grietas o fisuras que afectarían al correcto funcionamiento del elemento, por este motivo se realizará el cálculo de esfuerzos a fatiga.

$$S_e = k_a k_c k_e S_e' \quad \text{Ec. 7 [22]}$$

Donde:

$S_e$  = Límite de resistencia a la fatiga en ubicación crítica

$k_a$  = Factor de modificación de la condición superficial

$k_c$  = Factor de modificación de la carga

$k_e$  = Factor de confiabilidad

$S_e'$  = Límite de resistencia a la fatiga

Factor de modificación de la condición superficial

$$k_a = a S_{ut}^b \quad \text{Ec. 8 [22]}$$

Donde:

$k_a$  = Factor de modificación de la condición superficial

$a$  = Factor a laminado en caliente, véase Anexo 2

$b$  = Exponente b laminado al caliente, véase Anexo 2

$S_{ut}$  = Resistencia mínima a la tensión

$$k_a = 14.450^{-0.718} = \mathbf{0.86}$$

Factor de temperatura  $k_c$  a flexión

$$k_c = \mathbf{1}$$

Factor de confiabilidad

$$k_e = 1 - 0.08 Z_a \quad \text{Ec. 9 [22]}$$

Donde:

$k_e$  = Factor de confiabilidad

$Z_a$  = Variación de transformación confiabilidad 99%, véase Anexo 3

$$k_e = 1 - 0.08 \times 2.326 = \mathbf{0.814}$$

Donde:

$k_e$  = Factor de confiabilidad

$Z_a$  = Variación de transformación confiabilidad 99%, véase anexo 3

Límite de resistencia a la fatiga

$$S_e' = 0.5S_{ut} \quad \text{Ec. 10 [22]}$$

$$S_e' = 0.5 \times 50 \text{Kpsi} = \mathbf{25 \text{Kpsi}}$$

Límite de resistencia a la fatiga en ubicación crítica

$$S_e = k_a k_c k_e S_e' \quad \text{Ec. 11 [22]}$$

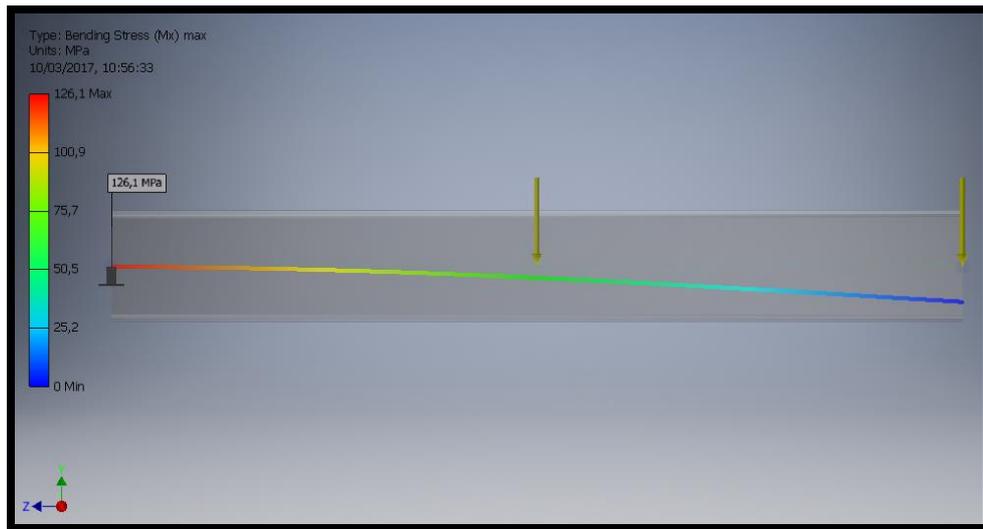
$$S_e = 0.86 \times 1 \times 0.814 \times 25 \text{Kpsi} = 17.501 \text{Kpsi}$$

$$S_e = \mathbf{120,65 \text{MPa}}$$

### 3.3.2 Simulación del brazo telescópico.

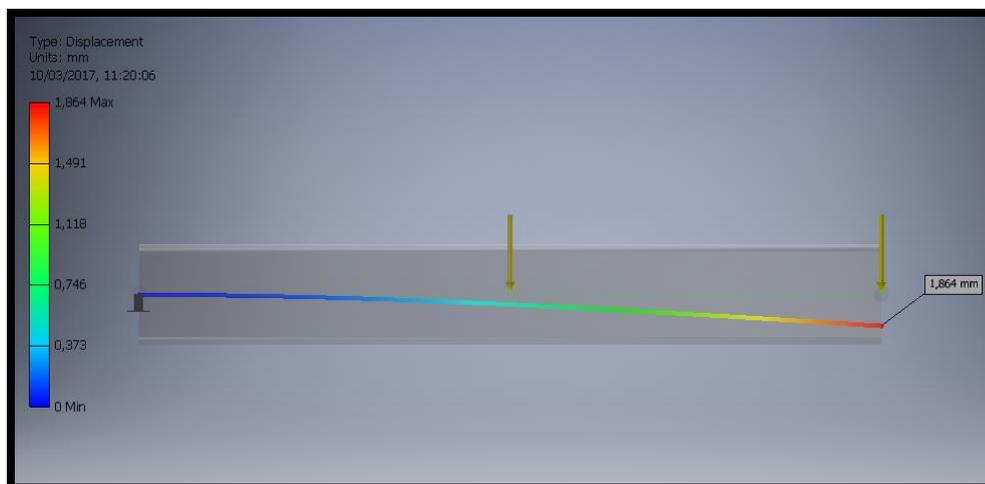
A continuación los datos obtenidos mediante los cálculos son comparados con los resultados arrojados por la simulación efectuada en un programa de diseño.

En esta primera simulación se tiene en cuenta una viga en voladizo, tal cual como se ha planteado para efectuarse el cálculo, permitiendo de esta manera constatar los resultados obtenidos.



**Figura 19** Simulación esfuerzo máximo soportado por la viga de 80x 80x3 mm.

Como se puede observar en la simulación representada en la Figura 19, el esfuerzo máximo que se genera en la viga es de 126.1 MPa, con relación del esfuerzo máximo que se obtiene de los cálculos, que es de 125.569 MPa, el error existente entre los resultados es de 0.53 MPa.

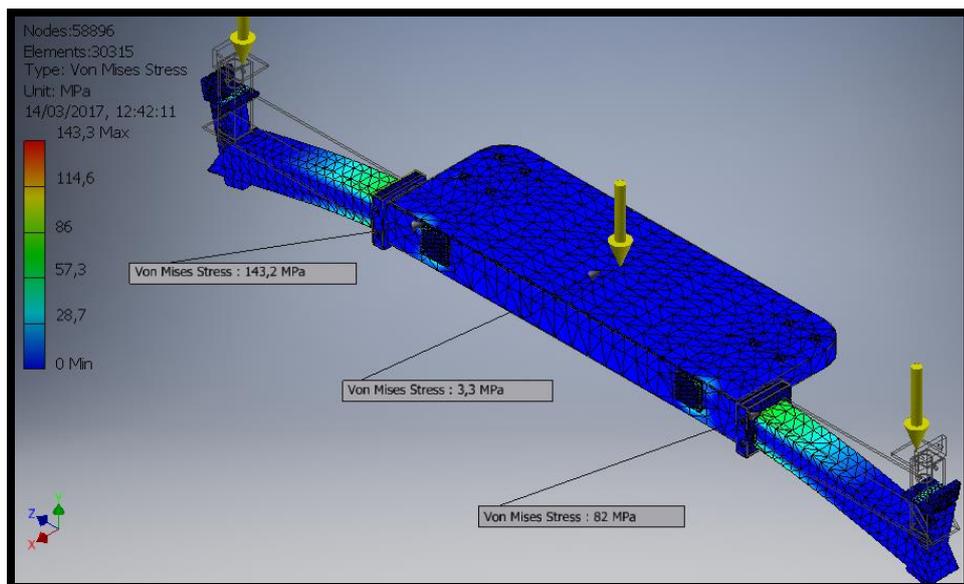


**Figura 20** Simulación deflexión máxima de la viga 80x80x3 mm.

El resultado arrojado por la simulación con referencia a la deflexión máxima de la viga es de 1.86 mm, en tanto el resultado que se obtiene por medio de los cálculos es de 1.97 mm, el error existente es de tan solo 0.106 mm.

Cabe recalcar que en los cálculos realizados no se toma en cuenta el peso de la viga, mientras que el programa utilizado para la simulación si lo hace, además se debe mencionar que tanto en la simulación como en los cálculos realizados anteriormente, solo se ha tomado en cuenta la viga interior que presenta las dimensiones de 80 x 80 x 3 mm, esto se lo ha hecho debido a que la viga encargada de soportar el peso es la viga interna ya mencionada.

Para una mejor visualización de cómo se comporta todo el brazo telescópico, se presenta a continuación los resultados obtenida por el análisis de elementos finitos desarrollados por la simulación para todo el componente.

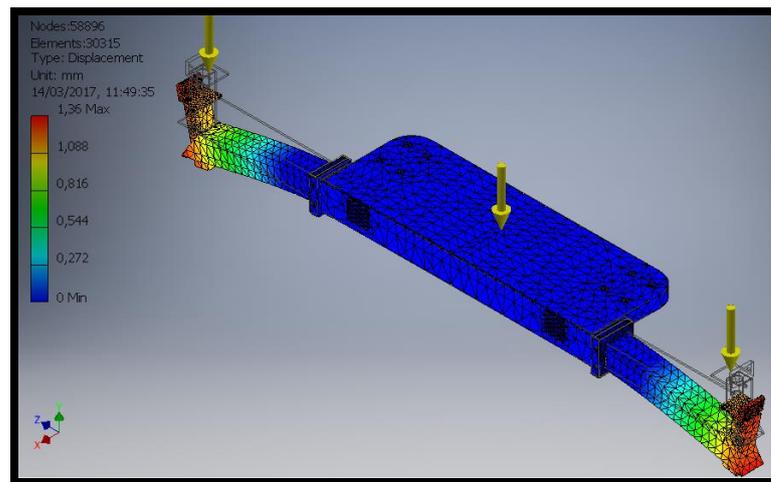


**Figura 21** Simulación brazo telescópico, Von Mises Stress.

Comparando lo obtenido mediante cálculo y el resultado de la simulación presentado en la Figura 21, donde se obtiene un esfuerzo máximo de 143.3 MPa, esfuerzo perteneciente al esfuerzo máximo equivalente de Von Mises, se tiene una diferencia de 17.7 MPa con relación al resultado obtenido mediante cálculo.

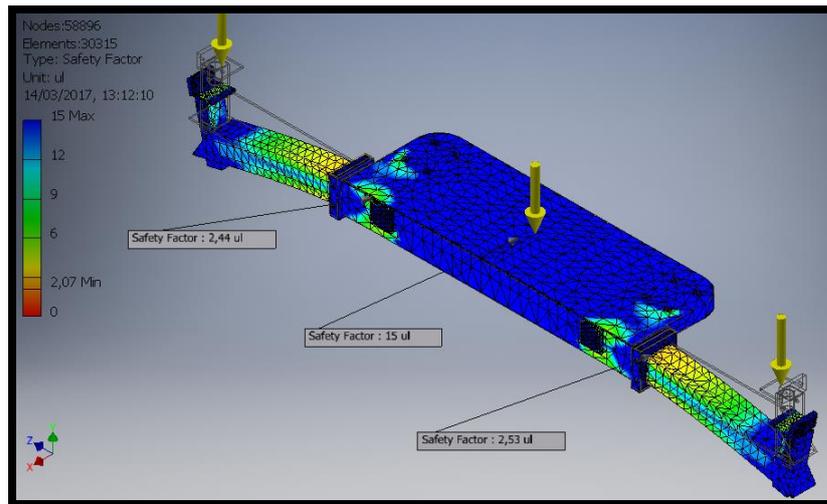
Cabe recalcar que el esfuerzo máximo obtenido en la simulación corresponde a la unión del chasis y la viga externa, mas no del empotramiento de la viga interna con la viga externa, este empotramiento genera un esfuerzo de 82 MPa. El esfuerzo generado en la plancha metálica es de tan solo 3 MPa, por lo que se considera un elemento no crítico.

En la Figura 22 se muestra el resultado de la simulación con referencia al desplazamiento máximo existente, como se puede observar el desplazamiento máximo se genera en las vigas internas del brazo telescópico, el desplazamiento máximo llega a ser de 1.36 mm, comparando con los cálculos realizados existe una diferencia de 0.61mm.



**Figura 22** Simulación brazo telescópico, desplazamiento.

De igual manera en la Figura 23 se puede observar el factor de seguridad perteneciente a este componente, el factor de seguridad mínimo resultante es de 2,07 siendo existente en la unión de la viga interna con la externa. Comparando el factor de seguridad obtenido mediante cálculo con el resultado de la simulación, existe una diferencia de 0,08.



**Figura 23** Simulación brazo telescópico, Safety Factor.

### 3.3.3 Selección de garruchas

Debajo de la plataforma se ubica dos garruchas, se lo pude observar de mejor manera en la Figura 17, estos elementos llegarán a soportar un peso de 900 Kg en conjunto, cada una tendrá que soportar un peso de 450 Kg, además de lo ya mencionado las garruchas deberán tener una altura baja, ya que depende de estos elementos la altura que llegara a tener el brazo telescópico con respecto al piso, entre más altura tenga, mayor se deberá elevar el vehículo para poder colocarlo encima de las torres que son soportadas por el brazo telescópico. La garrucha seleccionada para realizar este trabajo posee una altura total de 162 mm y es capaz de cagar un peso máximo de 550 Kg, 100Kg más que el peso máximo a soportar, en la Figura 24 y 25 se muestra la ficha técnica tanto de la rueda como del soporte de la misma que serán utilizadas.



Figura 24 Ficha técnica rueda [23].



Figura 25 Ficha técnica soporte de rueda [23].

### 3.4 Diseño del chasis.

El chasis es el componente del dispositivo que une el volante con el brazo telescópico, está básicamente formado por una estructura homogénea realizada de tubo cuadrado.

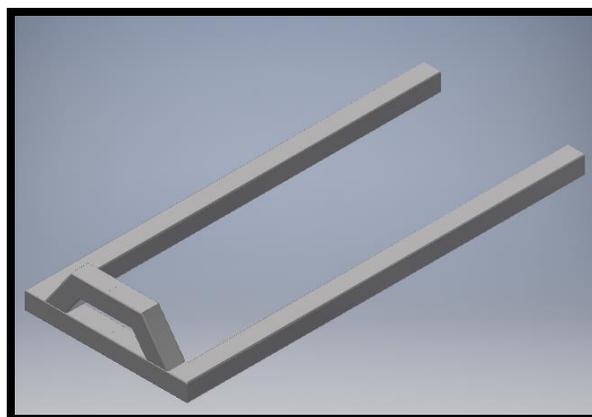
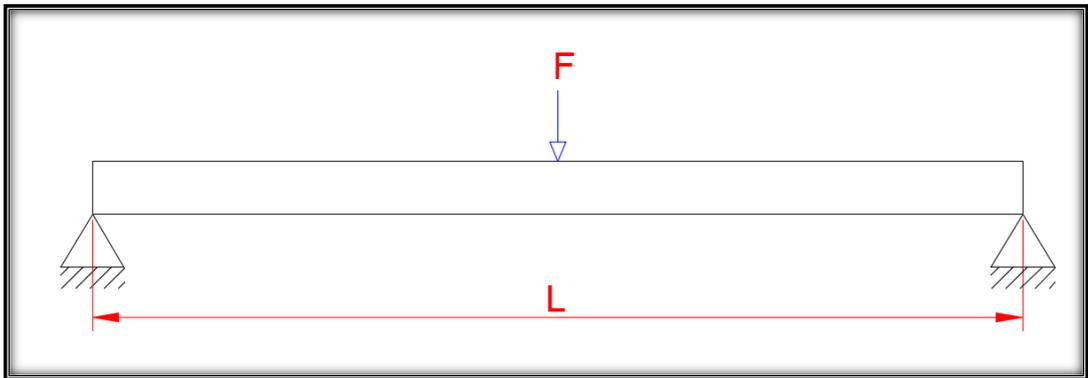


Figura 26 Chasis.

### 3.4.1 Cálculo del componente crítico del chasis.

El cálculo del componente crítico de la estructura del chasis es representado mediante una viga con dos apoyos y una carga puntual en el centro, asumiendo que la parte más crítica del chasis son las vigas laterales, debido que estas soportaran el peso del vehículo el cual será elevado mediante un gato hidráulico.



**Figura 27** Diagrama de cuerpo libre, viga lateral del chasis.

El material escogido por fácil obtención en el mercado ecuatoriano es el tubo cuadrado 75x75x3 de acero ASTM A-36.

$$L = 1,58 \text{ m}$$

La carga a soportar por una sola viga lateral del chasis es:

$$F = 4410 \text{ N}$$

Por lo que el momento máximo para esta viga viene dando por la ecuación:

$$M = \frac{F L}{4} \quad \text{Ec. 12 [21]}$$

Donde:

M = Momento flector en Newton \* metro

P = Fuerza de diseño en Newton

L = Longitud de la viga en Metros

$$M = \frac{4410N \times 1.58}{4} = \mathbf{1.74 KN m}$$

El esfuerzo máximo resistente por esta viga se obtiene mediante.

$$\sigma_{max} = \frac{M \times c}{I} \quad [21]$$

$$\sigma_{max} = \frac{1.74 \times 0.0375m}{741 \times 10^{-9} m^4} = \mathbf{88,05 MPa}$$

El factor de seguridad se determina con el esfuerzo de fluencia del material de la viga entre el esfuerzo máximo.

$$F_s = \frac{G_{fluencia}}{G_{max}} \quad [21]$$

$$F_s = \frac{250 MPa}{88,05 MPa} = \mathbf{2.83}$$

Cálculo de la deflexión en la viga chasis

$$y_{max} = \frac{-FxL^3}{48EI} \quad \text{Ec. 13 [21]}$$

Donde:

y<sub>max</sub> = Deflexión máxima en milímetros

F = Fuerza de diseño en Newton

σ<sub>max</sub> = Longitud de la viga en metros

E = Módulo de la elasticidad del material de la viga

I = Momento de Inercia de la sección transversal de la viga con respecto al eje neutro

$$y_{max} = \frac{4410N \times 1,58^3}{48 \times (207 \times 10^9 \text{ N/m}^2) \times 741 \times 10^{-9} \text{ m}^4} = -2,36 \text{ mm}$$

El chasis del dispositivo FTVC está armado por perfiles estructurales unidos por juntas soldadas. Para el cálculo de soldadura se realizará el análisis considerando la resistencia a la tracción del alambre para el proceso MIG que es 70kpsi. [24]

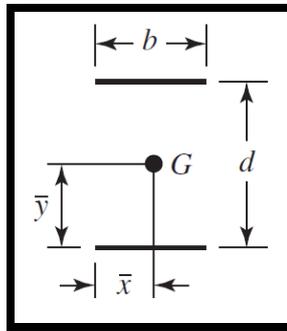


Figura 28 Forma de soldadura. [22, p. 277]

El área de la garganta, para este caso, viene dado por la fórmula proveniente de la tabla de propiedades flexionantes de las soldaduras de filete, visible en el Anexo 1.

$$A = 1.414hd \quad \text{Ec. 14 [22]}$$

$$A = 1.414 \times 0.375 \times 3 = 1,6 \text{ plg}^2$$

Donde:

A = Área total de la garganta

h = Garganta de la soldadura

d = Ancho de la garganta soldadura 2

La fuerza cortante produce un cortante primario en las soldaduras, por tanto se tiene:

$$\tau' = \frac{V}{A} \quad \text{Ec. 15 [22]}$$
$$\tau' = \frac{495.7\text{ lbf}}{3.18\text{ plg}} = \mathbf{309,8 \text{ Psi}}$$

Para seleccionar el segundo momento unitario del área, es necesario escoger el tipo de suelda que se ocupará, véase en Anexo 1

$$I_u = \frac{b d^2}{2} \quad \text{Ec. 16 [22]}$$

Donde:

$I_u$  = Segundo momento unitario de línea

$b$  = Ancho de la garganta soldadura 1

$d$  = Ancho de la garganta soldadura 2

$$I_u = \frac{3 \times 3^2}{2} = \mathbf{13,5 \text{ plg}^3}$$

El segundo momento del área  $I$ , con base en el área de la garganta de la soldadura, es:

$$I = 0.707hI_u \quad \text{Ec. 17 [22]}$$

Donde:

$I$  = Segundo momento del área

$h$  = Garganta de la soldadura

$I_u$  = Segundo momento unitario de línea

$$I = 0.707 \times 0.375 \times 13,5 = 3,58 \text{ plg}^4$$

Ahora se determina que el esfuerzo cortante nominal en la garganta

$$\tau = \frac{M \times \frac{d}{2}}{I} \quad \text{Ec. 18 [22]}$$

Donde:

M = Momento flector calculado anteriormente en la ecuación 12

$$M = 1534,48 \text{ lb.pulg}$$

Se tiene como resultado

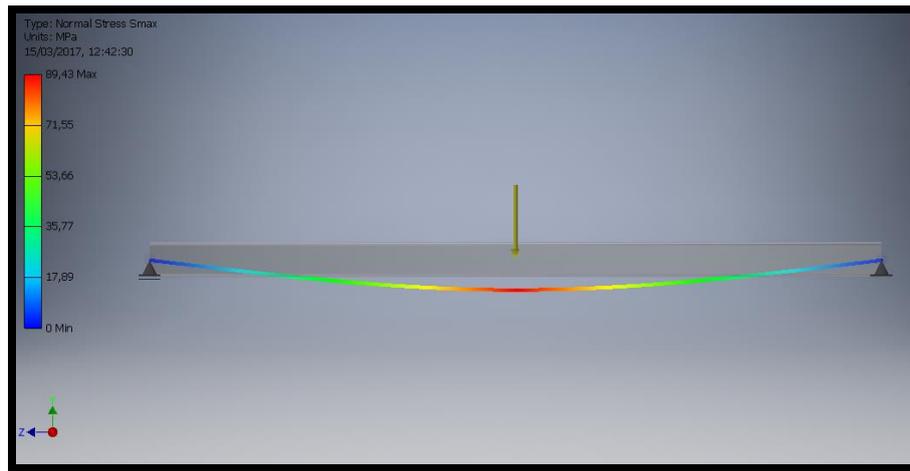
$$\tau = 642,93 \text{ Psi}$$

Como se puede observar los esfuerzos generados están muy por debajo del límite máximo proporcionado por la suelda, por tanto no se corre ningún riesgo de ruptura de la suelda.

### 3.4.2 Simulación del chasis.

Comparando con los resultados obtenidos de las simulaciones podemos observar que existe una mínima diferencia entre estos y los resultados obtenidos mediante cálculos.

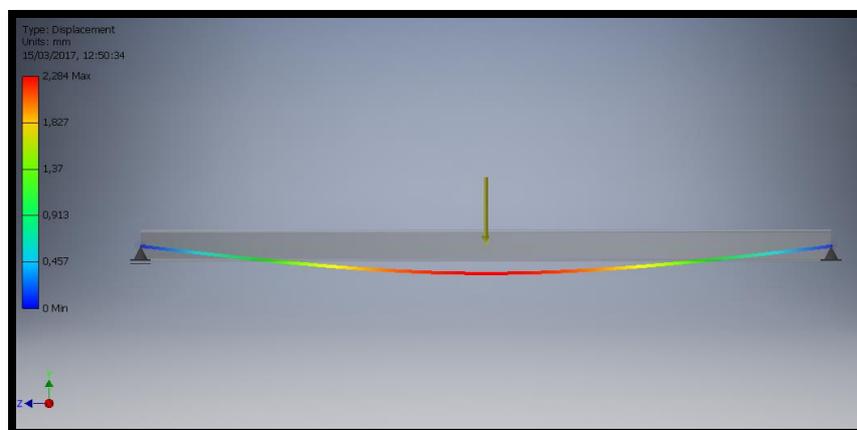
En esta primera simulación se tiene en cuenta una viga en apoyada en sus extremos, tal cual como se ha planteado para efectuarse el cálculo, permitiendo de esta manera constatar los resultados obtenidos.



**Figura 29** Simulación esfuerzo máximo soportado por la viga de 75x75x3 mm.

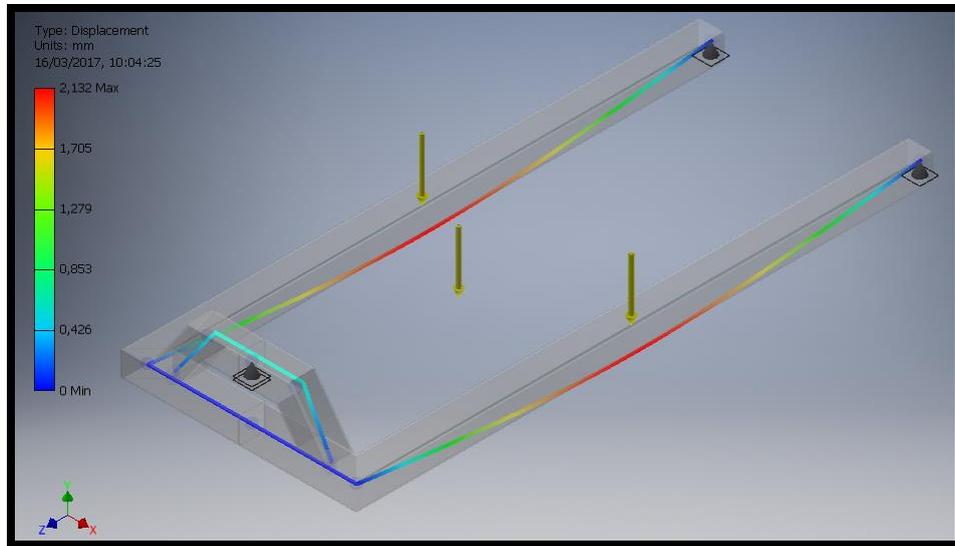
Como se puede observar en la Figura 29, el esfuerzo máximo obtenido por la simulación es 89.43 MPa, comparando con el resultado obtenido de los cálculos realizados, el cual nos genera una respuesta de 88.05 MPa, existe un error de 0.93 MPa.

De la misma manera comparando con el resultado obtenido mediante la simulación con respecto al desplazamiento máximo, véase Figura 30, en la cual se tiene un desplazamiento máximo de 2.28 mm, con referencia al resultado obtenido mediante cálculos, el cual es 2.36 mm, el error existente llega a ser 0.08 mm.

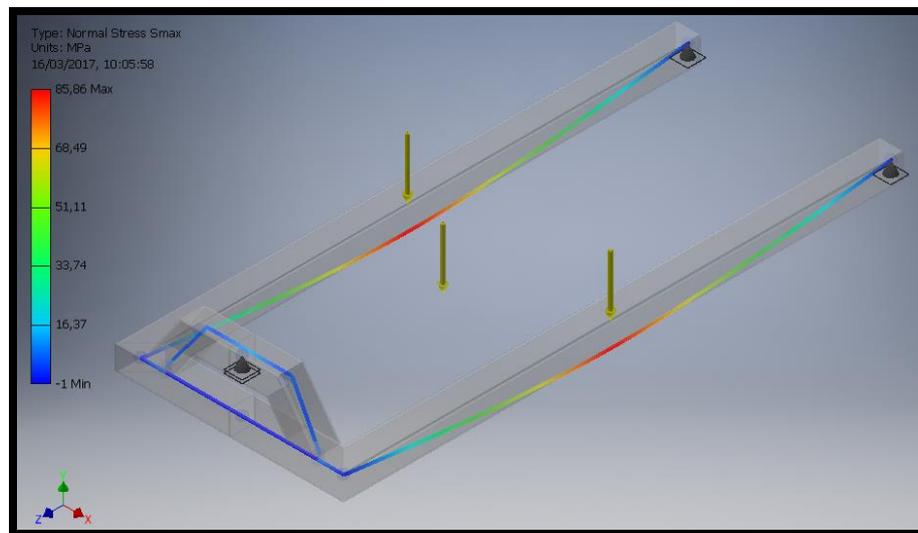


**Figura 30** Simulación desplazamiento máximo soportado por la viga de 75x75x3 mm.

Para una mejor observación de cómo se comporta todo el chasis a continuación se presenta una simulación total de este componente.



**Figura 31** Simulación desplazamiento máximo del chasis.



**Figura 32** Simulación esfuerzo máximo soportado por el chasis.

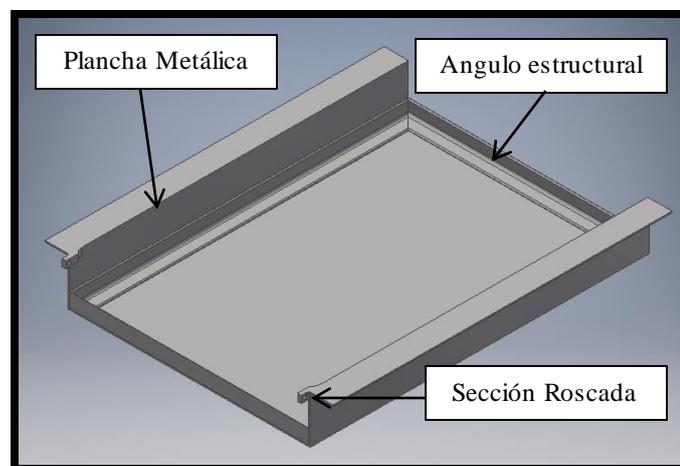
Mediante las simulaciones presentadas en las Figuras 31 y 32 se puede constatar lo ya mencionado anteriormente, las vigas laterales son el elemento crítico del chasis, esto debido a que estas vigas soportan la carga plena del vehículo.

Al comparar los resultados obtenidos de los cálculos tanto del desplazamiento como del esfuerzo máximo soportado, con los resultados obtenidos mediante simulación, se puede apreciar que existe una diferencia mínima, mientras mediante cálculo se obtuvo un desplazamiento total de 2.36 mm, la simulación arrojó un resultado de 2.132 mm, existe una diferencia de 0.228 mm, de igual forma mediante cálculos se obtuvo un esfuerzo máximo de 88.05 MPa, mientras la simulación generó una respuesta de 85.86 MPa, la diferencia existente es de 2.19 MPa.

### 3.5 Diseño de bandeja soporte de gata hidráulica.

La bandeja es el componente encargado de soportar a la gata hidráulica, la cual eleva el automóvil por la parte central del eje delantero de las llantas para montarlo o bajarlo del dispositivo. Este componente puede deslizarse por las vigas laterales del chasis para adaptarse a cualquier tipo de auto.

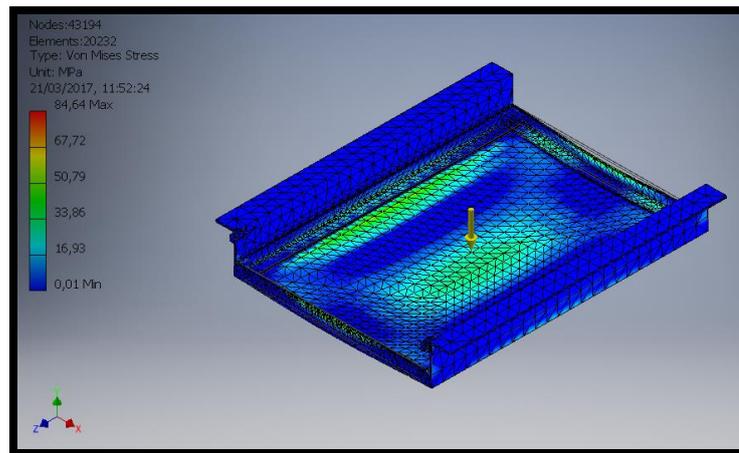
La bandeja está conformada por un marco hecho de ángulo de 40x40x3 mm y plancha metálica de espesor de 5 mm, en la Figura 33 se muestra de mejor manera, además posee una sección roscada la cual servirá para ajustar un par de seguros al chasis y de esta manera evitar el movimiento.



**Figura 33** Partes de la bandeja soporte de gata hidráulica

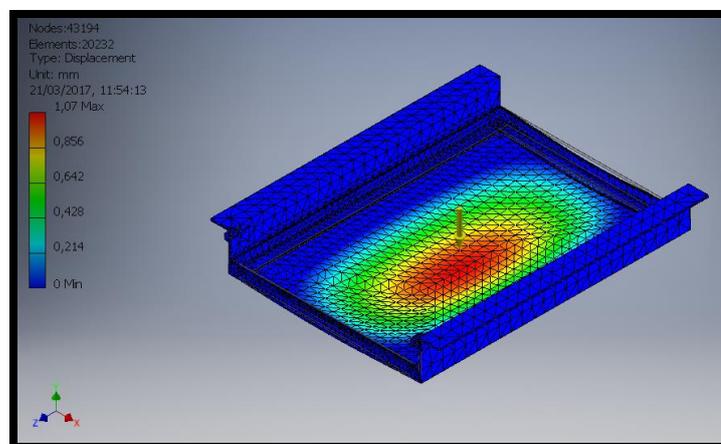
### 3.5.1 Simulación de bandeja soporte de gata hidráulica.

Para la correspondiente simulación de la bandeja, se utiliza como una fuerza 8.820 N, correspondientes a la fuerza que será capaz de soportar la bandeja cuando la gata hidráulica este levantando la parte frontal del vehículo. En la Figura 34 se puede observar el esfuerzo máximo, que es 84.64 MPa, soportado por este elemento.



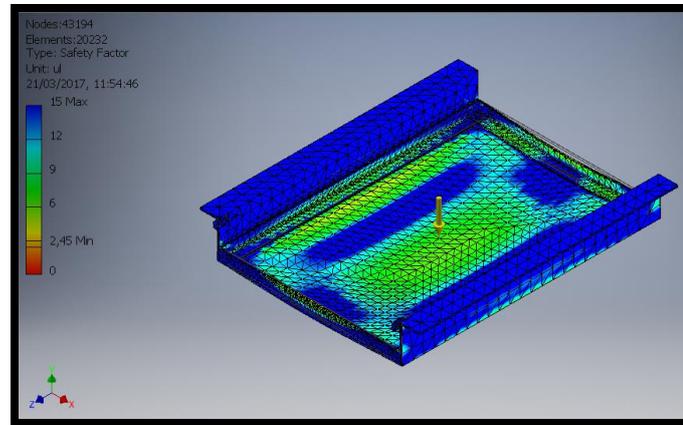
**Figura 34** Simulación de bandeja soporte de gata hidráulica, esfuerzo Von Mises

En la Figura 35 podemos constatar que el desplazamiento máximo existente es de 1.07 mm, correspondiente al desplazamiento generado en el centro de la bandeja debido a la fuerza aplicada.



**Figura 35** Simulación de bandeja soporte de gata hidráulica, máximo desplazamiento.

La Figura 36 muestra el factor mínimo de seguridad, resultante del análisis de elementos finitos generados por la simulación, correspondiente a 2.45.

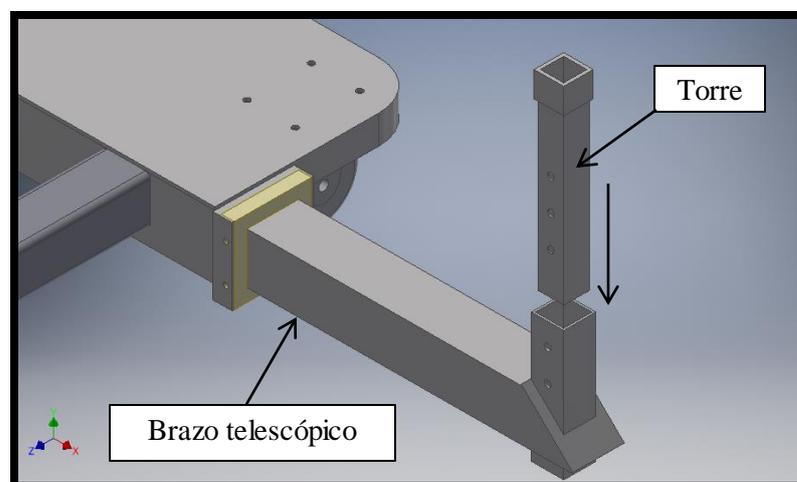


**Figura 36** Simulación de bandeja soporte de gata hidráulica, factor de seguridad.

Como se puede constatar la bandeja es capaz de soportar la carga requerida con un alto margen de seguridad.

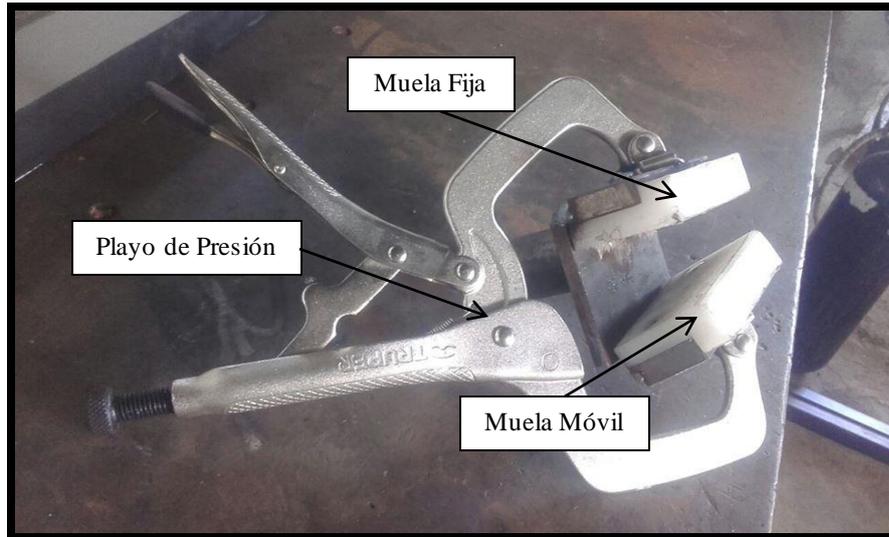
### 3.6 Diseño de torres.

La torre es el elemento encargado de soportar la carga axial del vehículo, este elemento es insertado en el brazo telescópico, precisamente en la viga interna, como se muestra en la Figura 37.



**Figura 37** Acople de la torre en la viga interior del brazo telescópico.

A la torre se acopla las mordazas que son las encargadas de sujetar el vehículo por las cejas situadas en la parte inferior del mismo, para realizar este trabajo las mordazas poseerán dos muelas echas de grilon, una fija y la otra móvil, las cuales están unidas a un playo de presión.

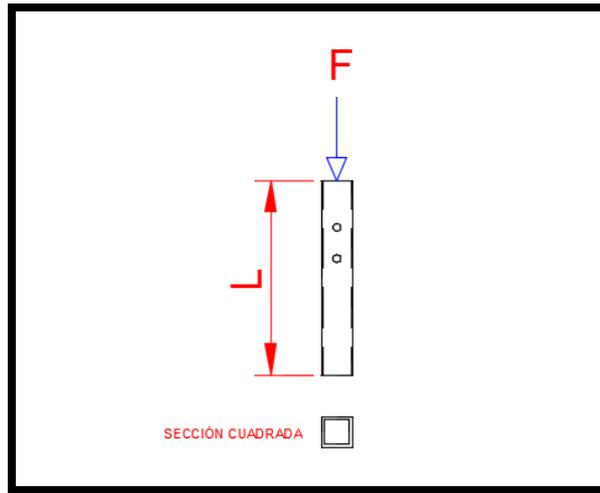


**Figura 38** Mordaza.

### 3.6.1 Cálculo de la torre.

Para el diseño de la torre se realiza el análisis como una columna cargada a compresión según se muestra en la figura.

El material escogido por fácil obtención en el mercado ecuatoriano es el tubo cuadrado de 50x50x3 mm de acero ASTM A-36



**Figura 39** Diagrama del cuerpo libre, torre.

Si bien la torre es un elemento de longitud corta sometido a compresión por lo cual no presentará pandeo, a continuación se detalla los cálculos principales de resistencia.

$$P_{cr} = \frac{C \pi^2 E I}{L^2} \quad \text{Ec. 19 [22]}$$

Donde:

$P_{cr}$  = Fuerza crítica sometida al elemento en Newton

C = Condiciones de fijación en los extremos

E = Módulo de la elasticidad del material del elemento

I = Momento de Inercia de la sección transversal de la viga con respecto al eje neutro

L = Longitud del elemento en metros

$$P_{cr} = \frac{\frac{1}{4} \pi^2 (207 \times 10^9) (69.4 \times 10^{-9} m^4)}{(0.3)^2} = 393.84 \text{ KN}$$

El esfuerzo máximo está determinado por:

$$\sigma_{max} = \frac{F}{A} \quad \text{Ec. 20 [21]}$$

Donde:

$\sigma_{max}$  = Esfuerzo máximo de resistencia

F = Fuerza aplicada en Newton

A = Área de la sección en  $m^2$

Reemplazando los datos se obtienen:

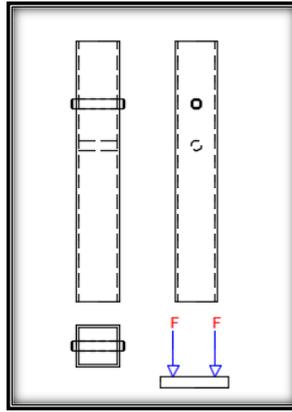
$$\sigma_{max} = \frac{4410N}{294 \times 10^{-6} m^2} = \mathbf{15MPa}$$

El factor de seguridad se determina con el esfuerzo de fluencia del material de la viga entre el esfuerzo máximo.

$$FS = \frac{\sigma_{fluencia}}{\sigma_{max}} \quad [21]$$

$$FS = \frac{250 MPa}{15 MPa} = \mathbf{16 ul}$$

Parte del diseño de la torre, el pasador es el elemento que se encuentra relacionado directamente al soportar la carga del vehículo. El pasador está sometido a un esfuerzo cortante que se indica a continuación como se muestra en la figura siguiente.



**Figura 40** Diagrama esfuerzo cortante en pasador.

Los siguientes cálculos demuestran como determinar el diámetro mínimo requerido en el pasador para soportar la carga de diseño.

$$\sigma = \frac{[\sigma]}{F_s} \quad [22]$$

Donde:

$F_s$  = Factor de seguridad

$[\sigma]$  = Esfuerzo de fluencia máximo del material

$$\sigma = \frac{250 \text{ MPa}}{1,5} = \mathbf{166,66 \text{ MPa}}$$

Reemplazando en la ecuación de siguiente

$$\sigma = \frac{V}{A} \quad \text{Ec. 21 [22]}$$

Donde:

$\sigma$  = Esfuerzo máximo permitido

$V$  = Fuerza cortante en Newton

$A$  = Área de la sección transversal del pasador

$$A = \frac{V}{G} = \frac{4410N}{166,66 \times 10^6 \frac{N}{m^2}} = 2,65 \times 10^{-5} m^2$$

Con el área de la sección transversal del pasador se procede a calcular el radio del mismo mediante la siguiente ecuación.

$$A = \pi \times r^2 \quad \text{Ec. 22}$$

Donde:

A = Área de la sección transversal del pasador

r = Radio de la sección transversal del pasador

d = Diámetro del pasador

Despejando el radio nos queda:

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = 2.99mm$$

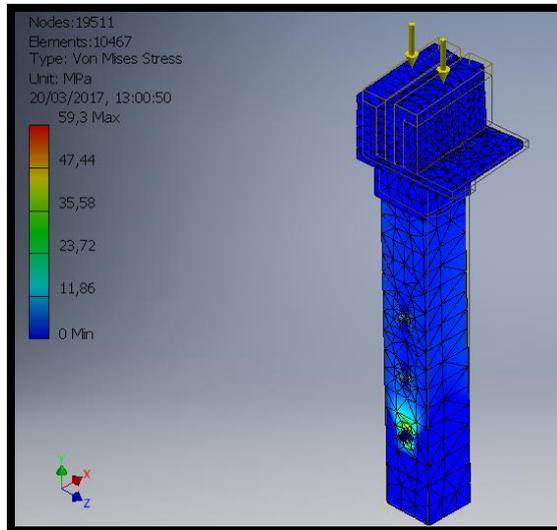
$$d = 5,8 \text{ mm}$$

El mínimo diámetro que debe tener el pasador para poder soportar la carga de diseño es de 6 mm.

### 3.6.2 Simulación de torre.

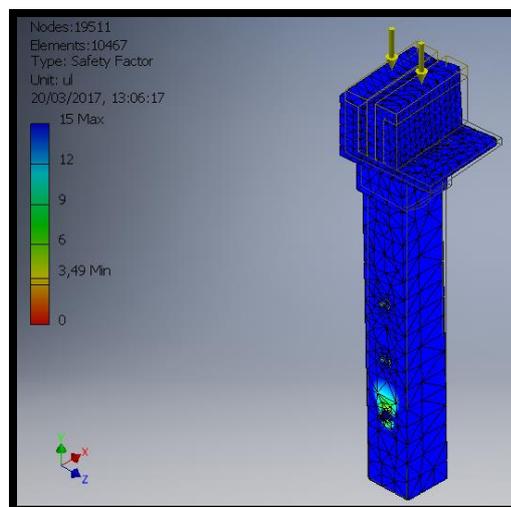
Utilizando la fuerza de diseño correspondiente a este elemento, 4410 N, se realizó la simulación, con la cual se puede obtener la tensión de Von Mises y el factor de seguridad como se muestran a continuación.

En la Figura 41 se puede observar que el esfuerzo mayor que soporta la torre ocurre en el agujero del pasador, donde se presenta un esfuerzo cortante, siendo este esfuerzo de 59.3 MPa.



**Figura 41** Simulación torre, tensión Von Mises

De igual forma en la Figura 42 se puede observar el factor de seguridad mínimo generado por simulación, que es de 3.49, este factor de seguridad se encuentra en los alrededores de agujero del pasador y nos permite saber que el componente es confiable para realizar el trabajo requerido.



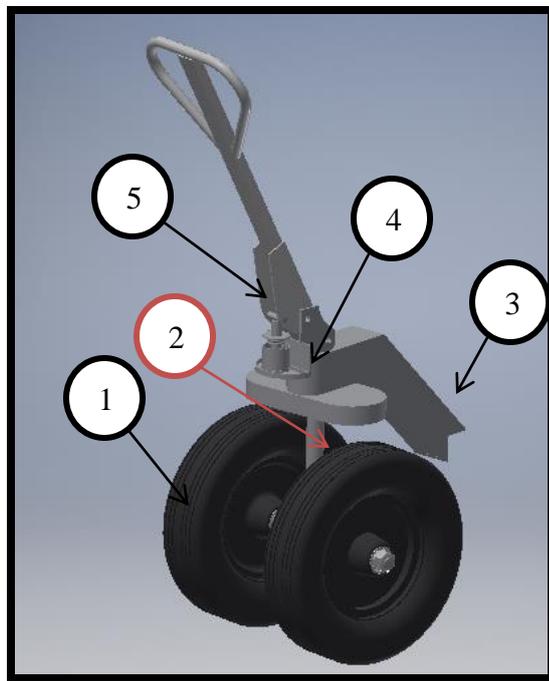
**Figura 42** Simulación torre, factor de seguridad.

### 3.7 Diseño del volante.

El volante es la parte del dispositivo que permite generar maniobras de dirección, además es el encargado de soportar cierta carga proveniente del levantamiento del vehículo.

Las partes principales por las que está compuesto el volante son:

1. Ruedas
2. Eje principal
3. Conector estructural
4. Soporte de resorte
5. Volante

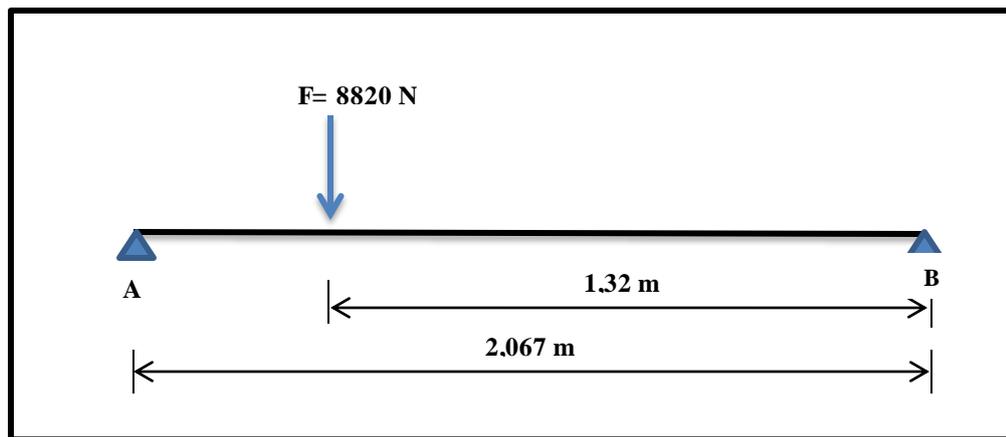


**Figura 43** Partes que conforman el volante del dispositivo FTVC.

### 3.7.1 Selección de ruedas.

Para saber cuál es la carga máxima que será capaz de soportar las ruedas delanteras al momento que se realice la elevación del vehículo por medio de la gata hidráulica, se procede de la siguiente manera.

Se toma en cuenta la distancia máxima que puede existir entre el eje de las ruedas delanteras y el centro de la bandeja, así también la longitud total que existe desde el eje de las ruedas delanteras y las traseras, se dibuja el diagrama de cuerpo libre presentado a continuación.



**Figura 44** Diagrama de cuerpo libre soporte, eje principal.

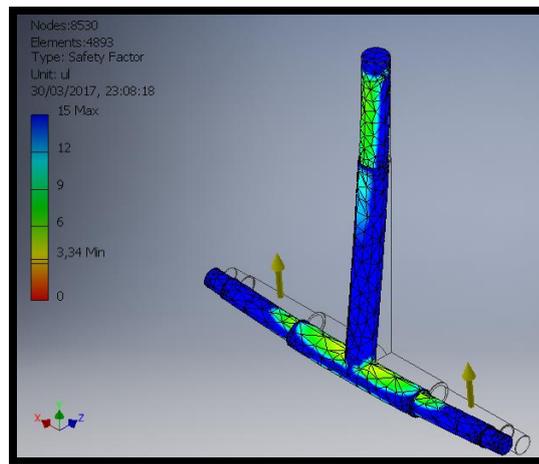
$$\sum MB = 0$$
$$Ra = \frac{F \times 1,32 \text{ m}}{2,067 \text{ m}} \quad \text{Ec. 23}$$

Por tanto la carga a soportar por las llantas delanteras es:

$$Ra = 5632,5 \text{ N}$$



Como se puede observar en la Figura 45 y posterior mente en la 46, el esfuerzo maximo Von Mises es 62.02 MPa, mientras que el factor de seguridad minimo es de 3.34 lo cual nos permite concluir que el eje no presentará ningun problema al momento de realizar el trabajo.

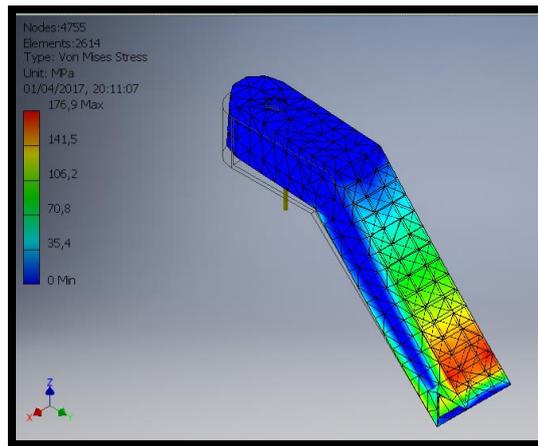


**Figura 46** Simulación eje principal, factor de seguridad.

### **3.7.3 Simulación conector estructural.**

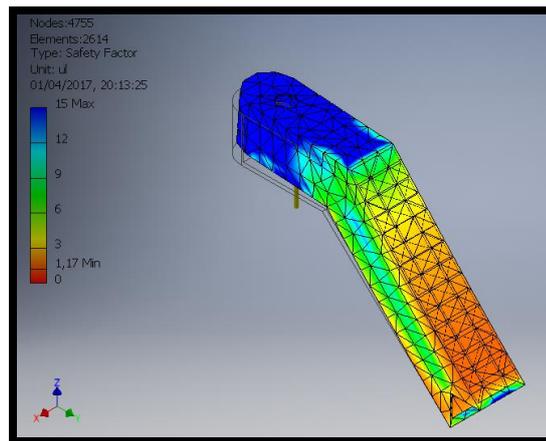
El conector estructural es el encargado de unir el chasis con el volante, por lo que este al igual que el eje principal soporta una carga de 5632.5N.

En las figuras a continuación se presenta el resultado obtenido por medio del análisis de elementos finitos, con lo cual se obtuvo un esfuerzo máximo de Von Mises de 176.9MPa, este esfuerzo se encuentra localizado en la parte inferior del elemento debido al momento generado por la reacción ocasionada por la carga.



**Figura 47** Simulación conector estructural, esfuerzo Von Mises.

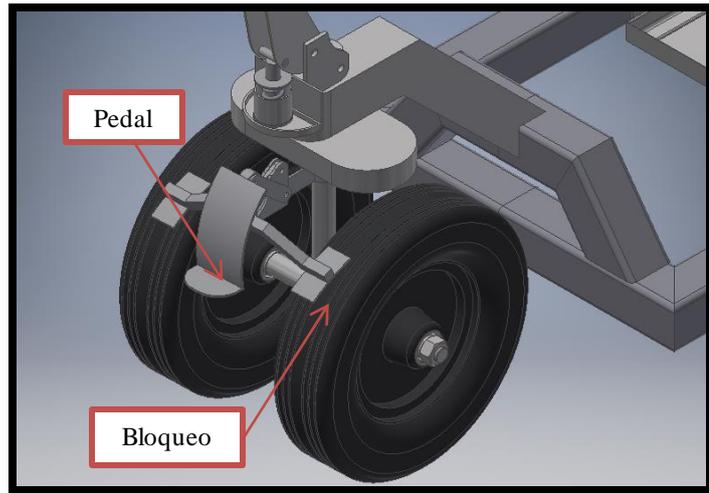
Gracias a la simulación se obtuvo de igual manera el factor de seguridad mínimo que es igual a 1.17.



**Figura 48** Simulación conector estructural, factor de seguridad.

### 3.8 Diseño del bloqueo de seguridad.

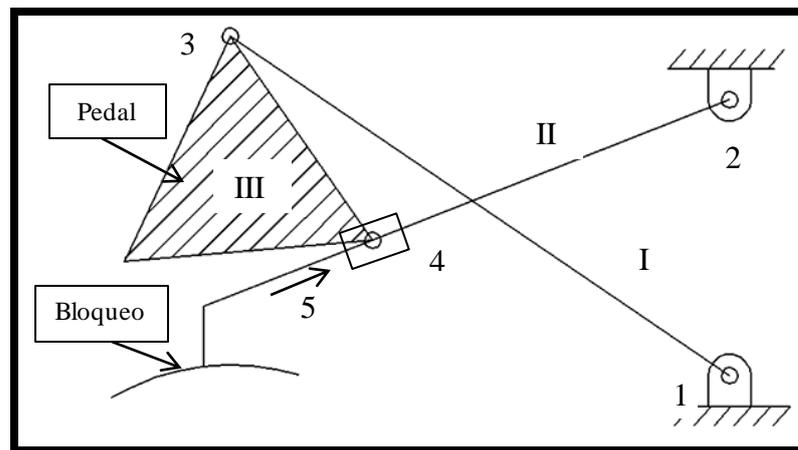
El bloqueo de seguridad permite suspender la movilidad del dispositivo según la instancia requerida, este componente inhabilitará las dos ruedas delanteras del dispositivo FTVC mediante la utilización de un mecanismo de sujeción tipo clamp, este mecanismo va sujetado al eje principal.



**Figura 49** Mecanismo de bloqueo de seguridad.

Los sujetadores de Acción Rápida o clamps son mecanismo de palanca diseñado para permitir una tolerancia máxima para facilitar la carga y descarga de piezas de trabajo, disponibles en acción vertical, horizontal, de empuje y de jalón. [25]

Para el diseño del bloqueo se modificará un clamp tipo vertical, al cual se lo adaptará un pedal, que al presionarlo frenará las ruedas delanteras.



**Figura 50** Diagrama esquemático del mecanismo de bloqueo.

Para obtener el grado de libertad que posee este mecanismo se aplica la siguiente formula:

$$G = 3(N) - 2(PI) - PII$$

Ec. 24 [26]

Donde:

G= grados de libertad o movilidad

N= número de eslabones móviles

PI= número de juntas clase I

PII= número de juntas clase II

Por lo tanto se tiene:

$$G = 3(4) - 2(5) - 0$$

$$G = 2$$

Por lo que este mecanismo posee dos grados de libertad, esto quiere decir que para generar la acción requerida proporcionar dos movimientos.

## CAPITULO IV

### ANÁLISIS DE COSTOS Y RESULTADOS.

En este capítulo se detallará los recursos económicos que se emplearán para la construcción del dispositivo de fácil traslado de vehículos colisionados (FTVC) y el análisis de los resultados obtenidos después las pruebas realizadas.

#### 4.1 Análisis de Costos.

Para el análisis de costos se clasificará en dos grupos, costos directos y costos indirectos:

- a. **Costos directos:** Dentro de los costos directos se mencionará la materia prima, insumos y mano de obra empleados en la construcción del dispositivo FTVC.
- **Materia Prima:** Son los materiales que se comprarán y mediante diferentes procesos de construcción formarán parte de los elementos y partes del dispositivo FTVC.

La lista de materiales requeridos para la construcción del dispositivo son:

COSTO DE MATERIALES				
CANT	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	V.U	V.TOTAL
1	M	Tubo cuadrado de 100x100x3	\$ 14,00	\$ 14,00
1,2	M	Tubo cuadrado de 80x80x3	\$ 12,50	\$ 15,00
6	M	tubo cuadrado 75x75x3	\$ 12,00	\$ 72,00
1	UNIDAD	Eje transmisión diámetro 32 x 450mm	\$ 8,00	\$ 8,00
1	UNIDAD	Eje transmisión diámetro 32 x 390mm	\$ 7,10	\$ 7,10
1	UNIDAD	Plancha de acero 290x130x3	\$ 3,20	\$ 3,20
1	UNIDAD	platina 40x3x840	\$ 2,90	\$ 2,90
1	UNIDAD	Plancha de acero 110x60x4	\$ 1,20	\$ 1,20
2	UNIDAD	Plancha de acero 90x80x6	\$ 1,40	\$ 2,80
1	UNIDAD	Platina 40x3x200	\$ 2,52	\$ 2,52
2	UNIDAD	Plancha de acero 200x75x6	\$ 2,70	\$ 5,40
0,7	M	Tubo rectangular 40x20x1,5	\$ 4,50	\$ 3,15
1	M	tubo redondo 25X1,5	\$ 3,20	\$ 3,20
1	UNIDAD	Tubo redondo 50x2x40	\$ 2,50	\$ 2,50
1	UNIDAD	Resorte diámetro 3/16	\$ 5,60	\$ 5,60
1	UNIDAD	Varilla redonda diámetro 12mm	\$ 0,50	\$ 0,50
1	UNIDAD	Plancha de acero 700x780x5	\$ 21,84	\$ 21,84
2,4	M	Perfil ángulo 32x32x3	\$ 3,66	\$ 8,78
1	UNIDAD	Plancha de acero 1080x370x5	\$ 55,94	\$ 55,94
2	UNIDAD	Plancha de acero 215x100x6	\$ 3,61	\$ 7,22
0,8	M	Varilla cuadrada de 12x12	\$ 1,50	\$ 1,20
4	UNIDAD	Platina 30x4x120	\$ 0,60	\$ 2,40
2	UNIDAD	Plancha de grilón 120x120x20	\$ 6,00	\$ 12,00
4	M	Platina 40x3/16"	\$ 3,19	\$ 12,76
2	UNIDAD	Tubo cuadrado 50x50x3 x200	\$ 2,00	\$ 4,00
2	UNIDAD	Tubo cuadrado 40x40x2 x250	\$ 1,50	\$ 3,00
2	UNIDAD	Platina 40*3*180	\$ 0,80	\$ 1,60
2	UNIDAD	Plancha de acero 100x100x5	\$ 1,60	\$ 3,20
2	UNIDAD	Tubo redondo 30x2 x50	\$ 0,50	\$ 1,00
2	UNIDAD	Plancha grilón 80x60x20	\$ 4,20	\$ 8,40
2	UNIDAD	Platina 40x12x80	\$ 1,10	\$ 2,20
			<b>SUBTOTAL</b>	\$ 294,61
			<b>IVA</b>	\$ 41,25
			<b>TOTAL</b>	\$ 335,85

**Tabla 8** Costo de Materiales.

- **Insumos:** Son los elementos que se compran directamente para instalarlos en el dispositivo sin realizar ningún proceso de manufactura en el taller.

La lista de insumos requeridos para la construcción del dispositivo son:

COSTO DE INSUMOS				
CANT	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	V.U	V.TOTAL
2	UNIDAD	Garruchas de 5" carga 550kg	\$ 49,00	\$ 98,00
2	UNIDAD	pernos inox 1/4x1"	\$ 0,55	\$ 1,10
8	UNIDAD	pernos 3/8x11/2"	\$ 0,48	\$ 3,84
8	UNIDAD	Tuercas 3/8	\$ 0,16	\$ 1,28
8	UNIDAD	arandelas de presión 3/8	\$ 0,08	\$ 0,64
8	UNIDAD	arandelas planas 3/8	\$ 0,07	\$ 0,56
2	UNIDAD	Pernos 1/4x3"	\$ 0,46	\$ 0,92
2	UNIDAD	Tuercas 1/4"	\$ 0,12	\$ 0,24
2	UNIDAD	Arandelas 1/4"	\$ 0,06	\$ 0,12
2	UNIDAD	Tuercas M24	\$ 2,20	\$ 4,40
8	UNIDAD	pernos 3/16x1/2"	\$ 0,15	\$ 1,20
2	UNIDAD	Ruedas Neumáticas Rin Atornillable	\$ 37,00	\$ 74,00
			<b>SUBTOTAL</b>	\$ 186,30
			<b>IVA</b>	\$ 26,08
			<b>TOTAL</b>	\$ 212,38

**Tabla 9** Costo de Insumos.

- **Mano de obra:** En la mano de obra se especificará el costo por cada hora de trabajo empleada por uno o varios operarios en un proceso de construcción.

A continuación se describe el tiempo, costo y proceso para cada elemento o parte del dispositivo:

COSTO DE MANO DE OBRA				
ELEMENTO	PROCESO	VALOR CADA HORA	TIEMPO PROCESO (HORAS)	V.TOTAL
<b>Brazo telescópico</b>	Corte	7	2,5	\$ 17,50
	Pulido	3	0,75	\$ 2,25
	Soldadura	13	2,5	\$ 32,50
	Torneado	12	1	\$ 12,00
	Fresado	12	1	\$ 12,00
<b>Chasis</b>	Corte	7	2	\$ 14,00
	Pulido	3	0,75	\$ 2,25
	Soldadura	13	2	\$ 26,00
<b>Bandeja soporte de gata</b>	Corte	7	1,5	\$ 10,50
	Pulido	3	0,75	\$ 2,25
	Soldadura	13	1,25	\$ 16,25
	Taladrado	8	0,5	\$ 4,00
<b>Torres</b>	Corte	7	1	\$ 7,00
	Pulido	3	0,5	\$ 1,50
	Soldadura	13	1,5	\$ 19,50
	Taladrado	8	0,75	\$ 6,00
	Fresado	12	1	\$ 12,00
<b>Volante</b>	Corte	7	3	\$ 21,00
	Pulido	3	2	\$ 6,00
	Soldadura	13	3	\$ 39,00
	Torneado	12	3	\$ 36,00
<b>Montaje</b>	Pruebas	5	16	\$ 80,00
	Pintura	10	2,5	\$ 25,00
<b>TOTALES</b>			<b>50,75</b>	<b>\$ 404,50</b>

**Tabla 10** Costo mano de obra.

- b. **Costos indirectos:** Dentro de los costos indirectos se mencionará los consumibles, imprevistos y el diseño del dispositivo FTVC.
- **Consumibles:** Son materiales que se utilizan dentro de un proceso específico como corte, soldadura y pintura, cumpliendo un ciclo útil de vida para posteriormente ser desechados.

La lista de consumibles requeridos para la construcción del dispositivo son:

COSTO DE CONSUMIBLES				
CANT	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	V.U	V.TOTAL
2	UNIDAD	discos de corte 9"	\$ 4,95	\$ 9,90
2,5	Kg	alambre soldadura MIG 0,9	\$ 9,50	\$ 23,75
1	UNIDAD	Pintura electrostática	\$ 60,00	\$ 60,00
			<b>SUBTOTAL</b>	\$ 93,65
			<b>IVA</b>	\$ 13,11
			<b>TOTAL</b>	\$ 106,76

**Tabla 11** Costo de consumibles.

- **Imprevistos:** Son los eventos inesperados que se generan durante el proceso de construcción, ensamble y pruebas del dispositivo FTVC.

Este rubro económico se cubre considerando el 10% del total de costos directos del dispositivo.

- **Diseño:** Para el costo de diseño se considerará el 30% del total de costos directos del dispositivo FTVC, que corresponde a la creatividad puesta por los diseñadores, el tiempo invertido en realizar los cálculos y simulaciones previo a la construcción.

El costo total es la sumatoria de los costos directos e indirectos que se detallan a continuación:

COSTOS DIRECTOS	VALOR
Materiales	\$ 335,86
Insumos	\$ 212,38
Mano de obra	\$ 404,50
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 952,74</b>

**Tabla 12** Costos totales directos.

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>	<b>VALOR</b>
Consumibles	\$ 106,76
Imprevistos	\$ 95,27
Diseño	\$ 285,82
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 487,86</b>

**Tabla 13** Costos totales indirectos.

<b>COSTO TOTAL DEL DISPOSITIVO FTVC</b>	
Costos directos	\$ 952,74
Costos indirectos	\$ 487,86
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1.440,60</b>

**Tabla 14** Costo total del dispositivo.

#### 4.2 Análisis de resultados.

Después de desarrollar el diseño, construcción y las pruebas respectivas se realizó un estudio de tiempos de la acción de traslado de vehículos colisionados con la aplicación del dispositivo FTVC y sin él. Los resultados se encuentran expresados en la Tabla 15 y 16 respectivamente.

<b>MOVILIZACIÓN SIN FTVC</b>					
<b>ITEM</b>	<b>Prueba 1</b>	<b>Prueba 2</b>	<b>Prueba 3</b>	<b>Prueba 4</b>	<b>PROMEDIO</b>
Tipo de vehículo	camioneta	automóvil	camioneta	automóvil	
Personas empleadas	5	5	5	5	5
Tiempo empleado (min)	44	32	38	41	38,75
Distancia de movilización (m)	70	70	70	70	70

**Tabla 15** Tiempo de movilización sin dispositivo FTVC.

<b>MOVILIZACIÓN CON FTVC</b>					
<b>ITEM</b>	<b>Prueba 1</b>	<b>Prueba 2</b>	<b>Prueba 3</b>	<b>Prueba 4</b>	<b>PROMEDIO</b>
Tipo de vehículo	camioneta	camioneta	automóvil	camioneta	
Personas empleadas	3	3	3	3	3
Tiempo empleado (min)	18	13	16	15	15,5
Distancia de movilización (m)	70	70	70	70	70

**Tabla 16** Tiempo de movilización con dispositivo FTVC.

Con los datos mostrados en las tablas anteriores podemos realizar el siguiente análisis:

En promedio se requieren 5 personas durante 38.75min para la movilización sin el dispositivo FTVC y 3 personas durante 15.5 min para la movilización con el dispositivo FTVC; partiendo de los datos obtenidos en las pruebas se realiza el siguiente análisis de costos:

<b>COSTO PERSONAL MOVILIZACIÓN SIN FTVC</b>				
<b>CANT</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>VALOR HORA HOMBRE</b>	<b>TIEMPO (HORAS)</b>	<b>V.TOTAL</b>
5	Operarios requeridos en la movilización	\$ 1,56	0,65	\$ 5,07

**Tabla 17** Costo persona, movilización sin dispositivo FTVC.

<b>COSTO PERSONAL MOVILIZACIÓN CON FTVC</b>				
<b>CANT</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>VALOR HORA HOMBRE</b>	<b>TIEMPO (HORAS)</b>	<b>V.TOTAL</b>
3	Operarios requeridos en la movilización	\$ 1,56	0,26	\$ 1,21

**Tabla 18** Costo persona, movilización con dispositivo FTVC.

El valor hora hombre tomado como referencia del salario básico unificado de \$375.00 para el año 2017 con acuerdo ministerial No. MDT-2016 0300.

Como resultado podemos mencionar que el ahorro costo en personal con el dispositivo FTVC es de \$3.86 por cada movilización.

Además, se toma en cuenta que las dos personas que ya no son necesarias para realizar el trabajo de movilización, cumplen con su trabajo asignado, lo que aumenta el ahorro de la siguiente forma:

<b>Costo-tiempo reparación vehículos</b>		
<b>Detalle de reparación</b>	<b>Costo de reparación</b>	<b>Tiempo empleado en horas</b>
Arreglo de capo	70	16
Arreglo de guarda fangos	75	8
Arreglo de guarda choques	80	8
Cambio de radiador	60	2
Cambio de faros	50	3
Enderezamiento de estribos	800	16
Enderezamiento de compacto	2500	176
Centrado de compacto		
Centrado de capo		
Centrado de guarda choques		
Arreglos mecánicos		
Enderezamiento de techo	1200	88
Raspones	80	16
<b>Promedio</b>	<b>546,11</b>	<b>37</b>

**Tabla 19** Costo-tiempo reparación vehículos.

Si en cada actividad que se menciona en la Tabla 19 se utiliza una persona para realizar el trabajo se tiene:

$$Ahorro = \frac{\$546,11 \times 0,26 \text{ horas}}{37 \text{ horas}} = \$ 3,83 \text{ por movilización} \quad \text{Ec. 25}$$

Por tanto, sumando los resultados obtenidos anterior mente se tiene un ahorro total de \$7.69 por cada movilización; si, en promedio se realiza el movimiento de cuatro vehículos por día, el ahorro diario es de \$30.76. Consecuentemente la implementación del dispositivo FTVC reduce el costo mensual por movilización de vehículos colisionados aproximadamente en \$461.4; si, se considera que únicamente la mitad de días de un mes se utilice el dispositivo.

<b>REDUCCIÓN DE COSTO MENSUAL</b>	
Ahorro total por cada movilización	\$ 7,69
Promedio de movilizaciones cada día	4
Ahorro en cada día de movilizaciones	\$ 30,76
Uso del dispositivo (días en el mes)	15
<b>Ahorro mensual</b>	<b>\$ 461,40</b>

**Tabla 20** Reducción de costo mensual.

Asimismo el dispositivo provee un factor de seguridad alto para el personal como para el vehículo durante la movilización del mismo, evitando que el usuario tenga accidentes y el vehículo transportado presente más daños.

En un año el ahorro generado llegará a ser de \$5536.80, por lo que el período de retorno es:

$$\text{Período de retorno} = \frac{\text{Inversión Inicial}}{\text{Ahorro Anual}} \quad \text{Ec. 26 [27]}$$

$$\text{Periodo de retorno} = \frac{1440,60}{5536,8} = 0,26 \text{ años}$$

El retorno de la inversión se realizara aproximadamente en 4 meses.

Además se tiene una tasa de retorno de la inversión de:

$$\text{ROI}\% = \frac{\text{Ahorro neto}}{\text{Inversión}} \times 100 \quad \text{Ec. 27 [27]}$$

$$\text{ROI}\% = \frac{5536,8}{1440,6} \times 100 = 384 \%$$

## CONCLUSIONES

- El traslado de vehículos colisionados sin el dispositivo FTVC requiere un tiempo de 38.75 minutos y 5 personas, mientras que, con la utilización del dispositivo, esta acción dura en promedio 15.5 minutos y se requiere 3 personas, por tanto, el tiempo de traslado de vehículos colisionados se redujo en un 40% y se requiere dos personas menos para realizar este trabajo.
- El dispositivo FTVC permite trasladar vehículos con un peso máximo de 1.8Ton, manteniendo un factor de seguridad mínimo de 2, el cual viene dado por el elemento más crítico del dispositivo que es el brazo telescópico.
- Mediante la implementación del dispositivo FTVC se percibe un ahorro anual de \$5536.80, permitiendo de esta manera obtener un retorno de la inversión en aproximadamente 4 meses con un tasa ROI de 384%.
- La utilización del dispositivo FTVC aumenta la seguridad de los operarios y reduce la probabilidad de daños adicionales durante la movilización de los vehículos por lo tanto el costo-beneficio resulta satisfactorio.

## RECOMENDACIONES

- Emplear el dispositivo FTVC para la movilización de vehículos con un peso máximo de 1.8Ton que presenten únicamente colisiones u averías en sus llantas delanteras, así también, deberá emplearse el dispositivo dentro del área de trabajo designada.
- Como implementación al diseño actual del dispositivo FTVC, en las torres de los brazos telescópicos, se puede sustituir el uso de playos de presión por mecanismos de sujeción tipo clamp, con nivel de seguridad equivalente, sin embargo su costo es considerablemente más alto, por tanto aumenta el costo global del dispositivo.
- El dispositivo está diseñado para la movilización de vehículos colisionados dentro de una superficie plana horizontal, si el caso es diferente al mencionado, y existe la presencia de pendientes se recomienda la instalación de un sistema de freno que aporte seguridad durante la movilización.
- Antes de utilizar el dispositivo FTVC, se recomienda leer las instrucciones de operación y el manual de mantenimiento que se encuentran en los Anexos 5 y 6 respectivamente.

## LISTA DE REFERENCIAS

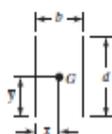
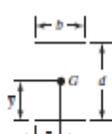
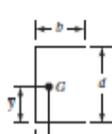
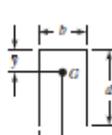
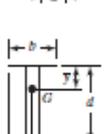
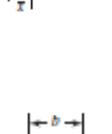
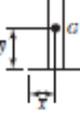
- [1] S. Vial, “Reglamento a Ley De Transporte Terrestre,” 2012. [Online]. Available: [http://www.sbs.gob.ec/medios/PORTALDOCS/downloads/normativa/SOAT/Reglamento\\_SOAT\\_Decreto\\_1767.pdf](http://www.sbs.gob.ec/medios/PORTALDOCS/downloads/normativa/SOAT/Reglamento_SOAT_Decreto_1767.pdf).
- [2] ANT, “SINIESTROS POR PROVINCIA A NIVEL NACIONAL JUNIO-2015 Comparativo Mensual Junio 2014 - 2015 Número de Siniestros por Provincia,” p. 4, 2016.
- [3] La Hora, “Una mujer herida en choque de automóviles: Policial: La Hora Noticias de Ecuador, sus provincias y el mundo,” 2016. [Online]. Available: [http://lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101901045/-1/home/goRegional/El\\_Oro#.WD-axclk7D](http://lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101901045/-1/home/goRegional/El_Oro#.WD-axclk7D). [Accessed: 30-Nov-2016].
- [4] Bingham Ben, “Types of Car Accidents | T-Bone, Rear End, Roll-Over, Head-on Injury,” 2014. [Online]. Available: <http://www.bensonbingham.com/types-of-vehicle-accidents>. [Accessed: 30-Nov-2016].
- [5] H. Lara Barragán, Antonio; Nuñez, *Física II, Un enfoque constructivista*. Mexico, 2007.
- [6] RCH, “Gato hidráulico de Garaje, RCH Maquinarias,” 2012. [Online]. Available: [http://rchmaquinarias.com/productos/product\\_info.php?products\\_id=1035](http://rchmaquinarias.com/productos/product_info.php?products_id=1035). [Accessed: 09-Nov-2016].
- [7] M. Gabilondo, “Catálogo Automoción - T2 - Mega,” *Mega*, 2007. [Online]. Available: [http://www.mega.es/catalogo\\_automocion/catalogo\\_automocion\\_detalle.php?sIdioma=es&nIdCategoria=3](http://www.mega.es/catalogo_automocion/catalogo_automocion_detalle.php?sIdioma=es&nIdCategoria=3). [Accessed: 09-Nov-2016].
- [8] Rodarte, “Patines Hidraulicos Patin Hidraulico para Carga,” *Patines Hidraulicos*. [Online]. Available: <http://www.patinhidraulico.com.mx/>. [Accessed: 09-Nov-2016].
- [9] Multilift, “Patin hidraulico PSD-3000N - Multi Lift | Multilift,” 2016. [Online]. Available: <http://www.multilift.com.mx/patines/patines-hidraulicos/psd-3000n/>. [Accessed: 09-Nov-2016].
- [10] BendPark, “Remolque Dolly para Autos - Equipo de Taller - Transportadores para vehículos-Ranger,” *Modernos y avanzados transportadores para mover sus coches y camionetas fácilmente*, 2010. [Online]. Available: <http://www.bendpak.com.mx/herramientas-para-taller/carros-y-transportadores/rcd-1500.aspx>. [Accessed: 09-Nov-2016].
- [11] Uni-Dolly, “Uni-Dolly Car Dolly Systems - Uni-Dolly,” *Uni-Dolly Car Dolly Systems*, 2016. [Online]. Available: <http://www.uni-dolly.com/uni-dolly/>. [Accessed: 09-Nov-2016].
- [12] C. Eduardo, C. Acosta, D. Alejandro, and C. Miranda, “DE

MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN PARA,” 2010.

- [13] A. Quesada Alumno and C. Resa Fernández, “DISEÑO Y CÁLCULO DE GRÚA PARA ALMACÉN CON CAPACIDAD PARA 5 TN.”
- [14] “FORVIS | Puentes Grúa Monovigas.” [Online]. Available: <http://www.forvis.com.ar/puentes-grua-monovigas>.
- [15] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, *NTP 736: Grúas tipo puente (I): generalidades*, no. I. 2004, p. 12.
- [16] Universidad Complutense Madrid, “full-text.”
- [17] Ing. Armando Donado Cantillo, “Herramientas en un Taller Mecánico.” .
- [18] mazda, “Ficha técnica Mazda 2.”
- [19] M. Somerauto, “Mazda bt50 2600.”
- [20] Hibbeler R.C., “Ingeniería Mecánica-Estática,” Decimosegu., L. M. Cruz Castillo, Ed. Mexico: Pearson Education, 2010, p. 8,118.
- [21] R. L. Mott, “Resistencia de Materiales,” in *Resistencia de Materiales*, Quinta Edi., L. M. Cruz Castillo, Ed. Mexico: Pearson Education, 2009, p. 116,465,737,740.
- [22] R. G. Budynas and K. Nisbett, “Diseño en ingeniería mecánica de Shigley,” in *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*, Ocatava Ed., M. G.-H. Interamericana, Ed. Mexico, 2008, p. 174,436,466,469,279.
- [23] IMSA, “Ruedas y Garruchas,” 2014. [Online]. Available: <http://www.ruedasygarruchas.com/>. [Accessed: 08-Mar-2017].
- [24] The Lincoln Electric Company, “Características alambre MIG (GMAW) ER70S-6,” *Catalogo de consumibles para soldadura*. .
- [25] Herramental Monterrey, “Clamps, Sujetadores de Acción Rápida - Herramental Monterrey,” 2017. [Online]. Available: <http://www.herramental.com.mx/productos/perifericos-para-taller/clamps-sujetadores-de-accion-rapida/>. [Accessed: 01-Apr-2017].
- [26] A. A. Iturriagoitia, “Teoría de Máquinas,” in *Teoría de Máquinas*, Segunda ed., Navarra, 2014, pp. 10–11.
- [27] S. Major, “Return on Investment (ROI).” [Online]. Available: [http://jwilson.coe.uga.edu/EMAT6450/Class Projects/Major/Teacher%27s Guide ROI.pdf](http://jwilson.coe.uga.edu/EMAT6450/Class%20Projects/Major/Teacher%27s%20Guide%20ROI.pdf).

# ANEXOS

## Anexo 1

Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento unitario del área
	$A = 0.707hd$	$x = 0$ $y = d/2$	$I_y = \frac{d^3}{12}$
	$A = 1.414hd$	$x = b/2$ $y = d/2$	$I_y = \frac{d^3}{6}$
	$A = 1.414hd$	$x = b/2$ $y = d/2$	$I_y = \frac{bd^2}{2}$
	$A = 0.707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b + d}$ $y = d/2$	$I_y = \frac{d^2}{12}(6b + d)$
	$A = 0.707h(b + 2d)$	$x = b/2$ $\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d}$	$I_y = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$
	$A = 1.414h(b + d)$	$x = b/2$ $y = d/2$	$I_y = \frac{d^2}{6}(3b + d)$
	$A = 0.707h(b + 2d)$	$x = b/2$ $\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d}$	$I_y = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$
	$A = 1.414h(b + d)$	$x = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_y = \frac{d^2}{6}(3b + d)$
	$A = 1.414\pi hr$		$I_y = \pi r^3$

\* $I_y$ , segundo momento de áreas, se toma respecto de un eje horizontal que pasa por G, el centroide del grupo de soldaduras, siendo  $h$  el tamaño de la soldadura; el plano del par flexionante es normal al plano de la página y paralelo al eje  $y$ ; todas las soldaduras son del mismo tamaño.

**Tabla 21** Propiedades flexionantes de las soldaduras de filete. [22, pp. 471–470]

## Anexo 2

Acabado superficial	Factor $a$		Exponente $b$
	$S_{utr}$ kpsi	$S_{utr}$ MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

De C. J. Noll y C. Lipson, "Allowable Working Stresses", en *Society for Experimental Stress Analysis*, vol. 3. núm. 2, 1946, p. 29. Reproducida por O. J. Horger (ed.), *Metals Engineering Design ASME Handbook*, McGraw-Hill, Nueva York. Copyright © 1953 por The McGraw-Hill Companies, Inc. Reproducido con autorización.

**Tabla 22** Parámetros en el factor de la condición superficial. [22, p. 280]

## Anexo 3

Confiabilidad, %	Variación de transformación $z_a$	Factor de confiabilidad $k_a$
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

**Tabla 23** Factores de confiabilidad  $k_a$ , límite de resistencia a la fatiga. [22, p. 285]

## Anexo 4

Agosto 2012

**NUEVO**

**RIN 8" ATORNILLABLE**

Siempre con el respaldo y la garantía **Imsa**

El Rin fácil de ensamblar que todos estaban esperando.

Código: 6059010

Para mayor información consulte con su **Asesor Comercial**

**Características:**

- Diseñados para **trabajo pesado**.
- Fácil ensamble.
- Fabricado en acero al carbón de grueso calibre.
- Pintura electro estática color Azul.
- Posee una balinera de precisión 6205-2RS la cual le permite una facilidad de giro.
- Ideal para **llantas de 8 pulgadas** tales como la 350-8 y 400-8.

Figura 51 Características de ruedas neumáticas. [23]

## Anexo 5

# INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN

- Antes de poner a prueba el dispositivo FTVC, leer las especificaciones de funcionamiento y mantenimiento para el correcto uso del mismo.

### **Recomendaciones antes de comenzar a operar el dispositivo:**

- Utilizar todos los accesorios de seguridad requeridos como zapatos de punta de acero y overol.
- Asegurarse que el vehículo tenga accionado el freno de mano antes de empezar el proceso de montaje.
- Tener a su alcance dos torres de elevación y un gato hidráulico.
- Realizar el montaje del vehículo en un suelo completamente plano.

Si el vehículo es lo suficientemente alto y ancho para que el dispositivo de FTVC pueda deslizarse sin problemas debajo del este, saltar al paso 2.

### **Proceso para realizar el montaje del vehículo.**

1. Embancar el vehículo seleccionado utilizando 2 torres de elevación, una por cada lado, las torres de elevación deberán ser colocadas debajo del auto, lo más cerca posible a las llantas delanteras y deberán elevar el vehículo a una altura suficiente para que el dispositivo FTVC pueda entrar debajo de él, véase figura a continuación.



**Figura 52** Posición correcta de la torre de elevación.

2. Retirar los brazos telescópicos del dispositivo FTVC, luego colocar la gata hidráulica encima de la bandeja para posteriormente deslizarlo por debajo del vehículo a mover, una vez realizado estos pasos colocar de nuevo los brazos telescópicos.



**Figura 53** Colocación de gato hidráulico encima de la bandeja.

3. Tomando en cuenta la altura a la que se encuentra el vehículo y la altura necesaria para realizar la correcta trasportación del mismo, seleccionar entre los dos pares de torres con distintas alturas que se proporciona al personal, para colocarlas en el los brazos telescópicos.

4. Alinear el dispositivo con referencia de la longitud simultanea que debe existir entre los brazos telescópicos, después colocar las mordazas encima de las torres y ajustarlas con el playo de presión, teniendo en cuenta el correcta sujeción de estas a las cejas existentes en la parte inferior de los parantes laterales del vehículo y una mínima distancia posible con respecto a las torres de elevación.



**Figura 54** Sujeción de mordazas.

5. Bloquear las ruedas delanteras del dispositivo. Por medio del deslizamiento de la bandeja sobre el chasis colocar el gato hidráulica en posición para elevar el vehículo por la parte central del eje de las ruedas delanteras, una vez situada en la posición correspondiente elevar el gato hidráulica hasta que tope en la posición ya especificada y posteriormente bloquear la bandeja.



**Figura 55** Posicionamiento del gato hidráulico en la parte central del eje delantero.

6. Elevar el vehículo por medio del gato hidráulico correctamente posicionado hasta que los agujeros de la torre coincidan con los agujeros del brazo telescópico, una vez que esta condición se cumpla colocar el pasador y retirar las torres de elevación.



**Figura 56** Colocación del pasador.

7. Descargar parcialmente el gato hidráulico, de esta manera se asegura que el peso delantero del vehículo no solo quede asentado en la parte posterior del dispositivo. Desbloquear las ruedas delanteras, soltar el freno de mano del vehículo y proceder con la movilización.

#### **Proceso para descarga del vehículo.**

1. Bloquear las ruedas delanteras del dispositivo, colocar el freno de mano del vehículo, soltar las mordazas y comenzar a elevar el vehículo por medio del gato hidráulico hasta que el pasador pueda ser extraíble fácilmente
2. Retirar los brazos telescópicos y colocar las torres de elevación a cada lado teniendo en cuenta la posición que tenían cuando el auto estaba embancado.

3. Soltar la carga del gato hidráulico asegurándose que el vehículo caiga sobre las torres de elevación.
4. Soltar el bloqueo de las ruedas delanteras del dispositivo y retirarlo de debajo del vehículo.

### **Recomendaciones importantes**

- Es recomendable antes de movilizar la carga, distribuir el peso del vehículo en los tres puntos de fijación del dispositivo, estos puntos se ubican, a los extremos en las torres de los brazos telescópicos y al centro sobre la bandeja en el gato hidráulico. La correcta ubicación de la carga evitará sobre esfuerzo físico en los operarios mientras trasladan el vehículo.
- Como medida de seguridad durante el montaje, elevación, traslado, y desmontaje de la carga evitar permanecer debajo del vehículo.
- Durante el funcionamiento del dispositivo FTVC es recomendable tener la presencia de tres operarios, si bien el tercer operario brinda el apoyo directamente en el proceso de movilización, es quien supervisa que el montaje y desmontaje se realice de manera adecuada conservando la integridad de los operarios como de las instalaciones del taller automotriz.
- El trabajo en equipo de los tres operarios es fundamental, por lo que se recomienda mantener una correcta comunicación mientras se lleva a cabo todo el proceso.
- El Dispositivo FTVC cuenta con un recubrimiento superficial de pintura electrostática, sin embargo se recomienda no exponer al agua para evitar la corrosión de los elementos y partes.

## Anexo 6

### **INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO**

Para preservar la vida útil del dispositivo FTVC se recomienda realizar un mantenimiento preventivo como se describe a continuación.

1. Revisar la presión de aire de cada una de las llantas neumáticas, estas deben de tener una presión mínima de 35 Psi.
2. Hacer una inspección visual de cada uno de los componentes de los brazos telescópicos. No debe existir rupturas, hendiduras o presentar deflexión alguna.
3. Engrasar los dos brazos telescópicos con grasa multiuso.
4. Revisar el estado de las muelas de las mordazas así también como el correcto funcionamiento de los playos de presión.
5. Revisar el correcto funcionamiento del mecanismo que bloquea las ruedas delanteras.
6. Constatar que los bloqueos que dispone la bandeja funcionen correctamente.
7. Comprobar que la bandeja corra sin ninguna novedad por el chasis.

Anexo 7

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO												
DISPOSITIVO FTVC 1.8T												
PARTE	TRIMESTRE 1			TRIMESTRE 2			TRIMESTRE 3			TRIMESTRE 4		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
CHASIS												
BRAZOS TELESCÓPICOS												
TORRES												
PASADORES DE TORRES												
PLAYOS DE PRESIÓN												
MUELAS DE GRILÓN												
TAPAS CUADRADAS DE GRILÓN												
GARRUCHAS POSTERIORES												
LLANTAS NEUMÁTICAS												
VOLANTES												
BLOQUEO DE LLANTAS NEUMÁTICAS												
BANDEJA												

Revisar	
Engrasar	
Limpiar	
Cambiar	