



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y  
MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN  
DEL TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE  
UN SISTEMA ELEVADOR PARA LA MINI PLATAFORMA DEL  
DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA.**

**AUTORES:**

**ANDRÉS FERNANDO ERAZO CRIOLLO**

**EDWIN PAUL LISINTUÑA TOAPANTA**

**DIRECTOR: ING. OSCAR ARTEAGA**

**CODIRECTOR: ING. HÉCTOR TERÁN**

**LATACUNGA, 2015**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE**  
**DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**CERTIFICADO**

Ing. Oscar Arteaga

Ing. Héctor Terán

**CERTIFICAN**

Que el trabajo titulado **“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELEVADOR PARA LA MINI PLATAFORMA”** DEL DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA.”, realizado por ANDRÉS FERNANDO ERAZO CRIOLLO y LISINTUÑA TOAPANTA EDWIN PAUL, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que servirá para la enseñanza/aprendizaje y a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional por lo que, **Si** recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (PDF). ANDRÉS FERNANDO ERAZO CRIOLLO y LISINTUÑA TOAPANTA EDWIN PAUL que lo entregue a ING. JUAN CASTRO CLAVIJO, en su calidad de Director de la Carrera.

Latacunga, 2015

---

Ing. Oscar Arteaga

DIRECTOR

---

Ing. Héctor Terán

CODIRECTOR

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE**  
**DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

NOSOTROS: ANDRÉS FERNANDO ERAZO CRIOLLO  
EDWIN PAULLISINTUÑA TOAPANTA

**DECLARAMOS QUE:**

El presente proyecto denominado **“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELEVADOR PARA LA MINI PLATAFORMA DEL DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA.”** fue desarrollado con base a una investigación exhaustiva y detallada, respetando derechos intelectuales de autor, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. En tal virtud este trabajo es de nuestra autoría. Por consiguiente, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado anterior mente mencionado.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, del 2015.

---

Andrés Fernando Erazo Criollo

C.C: 1003701420

---

Edwin Paul Lisintuña Toapanta

C.C: 1723511935

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE  
DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**AUTORIZACIÓN**

NOSOTROS: ANDRÉS FERNANDO ERAZO CRIOLLO  
EDWIN PAUL LISINTUÑA TOAPANTA

Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución, del trabajo: **“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELEVADOR PARA LA MINI PLATAFORMA DEL DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA.”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, del 2015.

---

Andrés Fernando Erazo Criollo  
C.C: 100370142-0

---

Edwin Paul Lisintuña Toapanta  
C.C: 1723511935

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico a mi mamita Edilma por ser mi ejemplo de trabajo, sacrificio y perseverancia, por darme la oportunidad de prepararme y ser profesional, regalándome la mejor herencia que una madre pueden dar a sus hijos: la educación.

Como también dedico a mis abuelitos Leticia y German, a mis hermanos Santiago y Ricardo, a mis tíos, Nixon, Henry, Xavier, Marcia y María, a mis primos Johan, Sebastián, María Soledad y Francisco a todos ustedes quienes siempre me han apoyado e impulsado a seguir adelante en mi vida y como olvidarme de mi angelito mi niña Antonella tu eres mi motor para seguir adelante en cualquier circunstancia de la vida.

**ANDRÉS FERNANDO ERAZO**

## **DEDICATORIA**

Esta tesis se la dedico a mi Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento por conseguir mis objetivos.

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy.

A mis padres EDWIN LISINTUÑA Y ALICIA TOAPANTA por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Especialmente a mi madre que me enseñó valores, principios, carácter, empeño, perseverancia y coraje para conseguir mis objetivos.

A mis hermanas por estar siempre presentes, acompañándome y dándome ese apoyo incondicional. A mis sobrinos ALEJANDRO Y SEBASTIÁN quien ha sido y son una motivación, inspiración y felicidad que me han regalado estos años.

**EDWUIN PAUL LISINTUÑA TOAPANTA**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por permitir culminar con éxito esta etapa formativa de nuestras vidas, a nuestros padres por su apoyo incondicional durante toda nuestra vida profesional y personal, a nuestros hermanos y familiares por su apoyo y fortalezas, y a nuestros profesores y tutores de tesis, quienes supieron guiarnos en la elaboración de este proyecto, que representa para nosotros un logro muy importante en nuestra carrera profesional.

**EDWUIN PAUL LISINTUÑA TOAPANTA**

**ANDRÉS FERNANDO ERAZO**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CARATULA</b> .....	<b>i</b>
<b>CERTIFICADO</b> .....	<b>ii</b>
<b>DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD</b> .....	<b>iii</b>
<b>AUTORIZACIÓN</b> .....	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>v</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>vi</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>xiii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xiv</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xvii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xviii</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>1</b>
<b>1. GENERALIDADES</b> .....	<b>1</b>
1.1. Tema .....	1
1.2. Antecedentes .....	1
1.3. Planteamiento del problema.....	1
1.4. Descripción resumida del proyecto.....	2
1.4.1. Diseño .....	3
1.4.2. Manufactura .....	3
1.5. Justificación e importancia .....	3
1.6. Objetivos del proyecto .....	4
1.6.1. Objetivo general.....	4
1.6.2. Objetivos específicos .....	4



1.7.	Metas.....	4
1.8.	Hipótesis .....	5
1.9.	Variables de investigación .....	5
<b>CAPÍTULO II .....</b>		<b>6</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>		<b>6</b>
2.1.	Auto-cargable.....	6
2.2.	Tipos de vehículos especiales de transporte. ....	7
2.2.1.	Grúa de rescate:.....	7
2.2.2.	Grúa tijera tradicional. ....	8
2.2.3.	Auto-cargable tipo niñera .....	8
2.2.4.	Remolque de tiro.....	9
2.2.5.	Plataforma biextensible.....	10
2.2.6.	Plataforma portacontenedores.....	10
2.2.7.	Plataforma cisterna.....	11
2.2.8.	Plataforma cama alta.....	12
2.2.9.	Plataforma cama baja.....	12
2.2.10.	Plataforma auto-cargable .....	13
2.3.	Características de la plataforma auto-cargable. ....	14
2.4.	Ventajas del acero .....	14
2.5.	Componentes implementados en la plataforma auto- cargable: .....	15
2.5.1.	Sistema hidráulico.....	15
2.5.2.	King pin .....	27
2.5.3.	Accesorios de seguridad .....	28
2.5.4.	Bastidor o escalera para el deslizamiento .....	28
2.6.	Análisis del sistema.....	30

2.6.1.	Geometría del sistema.....	31
2.6.2.	Velocidad del sistema .....	32
<b>CAPÍTULO III.....</b>		<b>34</b>
<b>3. DISEÑO MECÁNICO E HIDRÁULICO.....</b>		<b>34</b>
3.1.	Introducción .....	34
3.2.	Parámetros de diseño .....	35
3.3.	Diseño geométrico del sistema de elevación .....	36
3.4.	Determinación de cargas.....	38
3.4.1.	Fuerza requerida en el pistón del cilindro hidráulico 1.....	38
3.4.2.	Reacciones en el punto c.....	41
3.5.	Diseño del chasis de la plataforma.....	41
3.5.1.	Información del modelo.....	42
3.5.2.	Cargas y sujeciones en el chasis. ....	44
3.5.3.	Resultado de los esfuerzos en el chasis.....	46
3.6.	Diseño del sistema de rieles .....	48
3.6.1.	Información del sistema de rieles .....	49
3.6.2.	Cargas y sujeciones del sistema de rieles .....	50
3.6.3.	Resultados de esfuerzos en el sistema de rieles .....	52
3.8.	Diseño de las rampas .....	60
3.8.1.	Información del diseño de rampas .....	60
3.8.2.	Cargas y sujeciones en las rampas .....	61
3.8.3.	Resultados de esfuerzos en las rampas .....	62
3.9.	Diseño del mecanismo de arrastre del vehículo.....	65
3.10.	Dimensionamiento del cilindro hidráulico 1.....	66
3.11.	Dimensionamiento del cilindro hidráulico 2.....	67

3.12.	Calculo de la potencia del motor .....	68
3.13.	Diseño y simulación del circuito hidráulico .....	69
<b>CAPÍTULO IV .....</b>		<b>73</b>
<b>4. CONSTRUCCIÓN .....</b>		<b>73</b>
4.1.	Procesos de construcción .....	73
4.1.1.	Mano de obra .....	73
4.1.2.	Maquinaria .....	74
4.1.3.	Herramientas .....	74
4.1.4.	Instrumentos de medición .....	74
4.1.5.	Diagramas de procesos del elevador de la mini-plataforma .....	74
4.1.6.	Adquisición de los materiales .....	76
4.1.7.	Doblado y corte del acero estructural.....	77
4.1.8.	Dimensionamiento y perfilado correcto.....	78
4.1.9.	Corte y perfilado de la estructura .....	80
4.1.10.	Soldadura .....	80
4.1.11.	Estructura valida.....	83
4.2.	Selección de componentes hidráulicos .....	83
4.2.1.	Selección de los cilindros hidráulicos .....	83
4.2.2.	Selección del grúa arrastre o carrete (winche) .....	84
4.2.3.	Selección de cañerías, acoples y mando de control .....	84
4.2.4.	Instalación del conjunto hidráulico .....	85
4.2.5.	Funcionamiento del sistema hidráulico.....	85
<b>CAPÍTULO V.....</b>		<b>87</b>
<b>5. PROTOCOLO DE PRUEBAS .....</b>		<b>87</b>
5.2.	Pruebas de campo .....	88

5.3. Manual de operación para el usuario .....	90
<b>CAPÍTULO VI .....</b>	<b>92</b>
<b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>92</b>
6.1. Conclusiones .....	92
6.2. Recomendaciones.....	93
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>94</b>
<b>NETGRAFÍA.....</b>	<b>95</b>
<b>ANEXOS</b>	

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 2. 1</b>	Ventajas del acero ASTM A-36.....	14
<b>Tabla 2. 2</b>	Características acero estructural ASTM A-36 .....	15
<b>Tabla 2. 3</b>	Grados de viscosidad ISO .....	20
<b>Tabla 2. 4</b>	Clasificación de Bombas.....	22
<b>Tabla 3.1</b>	Fuerza de reacción.....	46
<b>Tabla 3. 2</b>	Fuerzas de reacción.....	52
<b>Tabla 3.3</b>	Fuerzas de reacción.....	57
<b>Tabla 3.4</b>	Fuerzas de reacción.....	62
<b>Tabla 5. 1</b>	Prueba para el control del control del sistema Hidráulico.....	87
<b>Tabla 5. 2</b>	Pruebas plataforma sin carga.....	88
<b>Tabla 5. 3</b>	Pruebas plataforma con carga.....	89
<b>Tabla 5. 4</b>	Manual de operación. ....	90

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2. 1</b>	Plataforma auto-cargable.....	6
<b>Figura 2. 2</b>	Plataforma con caída y rampas desmontables.....	7
<b>Figura 2. 3</b>	Grúa tijera tradicional.....	8
<b>Figura 2. 4</b>	Grúa de tijera tradicional.....	8
<b>Figura 2. 5</b>	Plataforma Auto-cargable tipo Niñera.....	9
<b>Figura 2. 6</b>	Plataforma remolque de tiro.....	9
<b>Figura 2. 7</b>	Plataforma biextensible.....	10
<b>Figura 2. 8</b>	Plataforma portacontenedores.....	11
<b>Figura 2. 9</b>	Plataforma cisterna.....	11
<b>Figura 2. 10</b>	Plataforma cama alta.....	12
<b>Figura 2. 11</b>	Plataforma cama baja.....	13
<b>Figura 2. 12</b>	Plataforma Auto-cargable.....	13
<b>Figura 2. 13</b>	Sistema hidráulico Auto-cargable.....	17
<b>Figura 2. 14</b>	Deposito hidráulico.....	21
<b>Figura 2. 15</b>	Bomba Hidráulica.....	21
<b>Figura 2. 16</b>	Cilindros hidráulicos.....	22
<b>Figura 2. 17</b>	Manguera flexible para aplicaciones hidráulicas.....	25
<b>Figura 2. 18</b>	Grúa Carrete.....	25
<b>Figura 2. 19</b>	Mandos de control hidráulico.....	26
<b>Figura 2. 20</b>	Válvula distribuidora de cuatro vías y dos posiciones.....	26
<b>Figura 2. 21</b>	King Ping.....	27
<b>Figura 2. 22</b>	Barras de apoyo.....	28
<b>Figura 2. 23</b>	Bastidor.....	29
<b>Figura 2. 24</b>	Cargas actuantes en la torsión en el bastidor.....	29
<b>Figura 2. 25</b>	Ángulos de entrada del vehículo.....	31
<b>Figura 2. 26</b>	Triangulo para el sistema de carga.....	31
<b>Figura 2. 27</b>	Desplazamientos del sistema para el funcionamiento.....	33
<b>Figura 3. 1</b>	Características principales del vehículo FSAE colibrí.....	34
<b>Figura 3. 2</b>	Diseño geométrico del sistema de elevación.....	37
<b>Figura 3. 3</b>	Diagrama del cuerpo libre del sistema de elevación.....	39

<b>Figura 3. 4</b>	Información del modelo.....	43
<b>Figura 3.5</b>	Información del modelo.....	44
<b>Figura 3.6</b>	Cargas y sujeciones en el chasis.....	45
<b>Figura 3. 7</b>	Chasis plataforma D-Análisis estático 1-Tensiones-Tensiones1.....	46
<b>Figura 3.8</b>	Chasis plataforma D-Análisis estático 1-Desplazamientos.....	47
<b>Figura 3.9</b>	Chasis plataforma D-Análisis estático 1-Factor de seguridad.....	48
<b>Figura 3.10</b>	Información del diseño, sistema de rieles .....	50
<b>Figura 3.11</b>	Carga y sujeciones del sistema de rieles.....	51
<b>Figura 3.12</b>	Resultados del estudio sistema de rieles.....	52
<b>Figura 3.13</b>	Análisis estático del sistema de rieles.....	53
<b>Figura 3.14</b>	Factor de seguridad en el sistema de rieles .....	54
<b>Figura3.15</b>	Información de la plataforma.....	56
<b>Figura 3.16</b>	Cargas y sujeciones de la plataforma.....	57
<b>Figura 3.17</b>	Análisis Von Mises en la plataforma.....	58
<b>Figura 3.18</b>	Análisis estático del desplazamiento de la plataforma.....	59
<b>Figura 3.19</b>	Factor de seguridad plataforma.....	59
<b>Figura 3.20</b>	Información del diseño de rampas.....	61
<b>Figura 3.21</b>	Cargas y sujeciones de las rampas.....	62
<b>Figura 3.22</b>	Análisis Von Mises de las rampas.....	63
<b>Figura.3.23</b>	D-Análisis estático 1-Desplazamientos. ....	64
<b>Figura 3.24</b>	Factor de seguridad en las rampas.....	64
<b>Figura 3. 25</b>	Funcionamiento del circuito cuando se activa la palanca para avance del cilindro hidráulico 1.....	70
<b>Figura 3. 26</b>	Funcionamiento del circuito cuando se activa la palanca para elevación del cilindro hidráulico 2 .....	71
<b>Figura 3. 27</b>	Funcionamiento del motor hidráulico de arrastre.....	72
<b>Figura 4. 1</b>	Proceso de construcción de las correderas de la Plataforma parte mecánica. ....	75
<b>Figura 4. 2</b>	Proceso de construcción de la plataforma parte hidráulica. ....	76
<b>Figura 4. 3</b>	Proceso de construcción de la plataforma parte hidráulica. ....	76
<b>Figura 4. 4</b>	Doblado y corte del acero estructural. ....	77
<b>Figura 4. 5</b>	Ensamble de las correderas.....	77

<b>Figura 4. 6</b>	Estructura de las correderas.....	78
<b>Figura 4. 7</b>	Dimensionamiento de la mini Plataforma.....	79
<b>Figura 4. 8</b>	Estructura de la plataforma.....	79
<b>Figura 4. 9</b>	Perfilado de la estructura.....	80
<b>Figura 4.10</b>	Suelda perfiles de la mini plataforma.....	81
<b>Figura 4. 11</b>	Instalación del King Pin.....	81
<b>Figura 4.12</b>	Barras de apoyo de la mini plataforma.....	82
<b>Figura 4. 13</b>	Rampas.....	82
<b>Figura 4. 14</b>	Plataforma valida.....	83
<b>Figura 4. 15</b>	Cilindros hidráulicos.....	83
<b>Figura 4. 16</b>	Carrete hidráulico.....	84
<b>Figura 4.17</b>	Acoples y mangueras hidráulicas.....	84
<b>Figura 4.18</b>	Sistema hidráulico de la mini plataforma.....	85
<b>Figura 4. 19</b>	Desplazamiento mini Plataforma.....	85
<b>Figura 4.20</b>	Plataforma completa.....	86
<b>Figura 4.21</b>	Exposición Plataforma.....	86
<b>Figura 5. 1</b>	Pruebas plataforma sin carga.....	88
<b>Figura 5. 2</b>	Prueba plataforma con carga.....	89
<b>Figura 5. 3</b>	Transportación del Prototipo.....	90
<b>Figura 5. 4</b>	Funcionamiento del auto-cargable.....	91



## RESUMEN

El presente proyecto comprende el diseño, construcción e implementación de un sistema hidráulico para la mini plataforma cama baja, adaptable al mini-cabezal para el traslado del prototipo FESPE. El diseño se establece en base a la geometría y configuración de la mini-plataforma que se encuentra a disposición en el departamento de energía y mecánica para implementar el sistema elevador para la movilidad de la plataforma para carga y descarga del prototipo bajo normas de seguridad de diseño de elementos hidráulicos. De la alternativa seleccionada se procede a detallar la disposición final y selección de cada elemento hidráulico estos accesorios se han seleccionado bajo los estatutos que rigen por normas y códigos internacionales que cumplen las casas distribuidoras de estos elementos que conforma la mini plataforma auto-cargable. Tomando en cuenta parámetros y situaciones que influirán durante el funcionamiento de la mini plataforma como el tiempo de carga y des carga del prototipo el que facilita el trabajo humano y menor esfuerzo mecánico. Finalmente el proyecto concluirá con el diseño detallado década una de las parte que están conformadas en el auto-cargable como también la designación de procesos de fabricación, montaje de la mini plataforma, pruebas de campo y manual de funcionamiento.

### **PALABRAS CLAVES.**

- **PLATAFORMA - SISTEMA HIDRAULICO.**
- **NIMIPLATAFORMA AUTO- CARGABLE.**
- **DISEÑO HIDRAULICO.**
- **PROTOTIPO FESPE.**
- **ESFUERZOS APLICADAS.**

## **ABSTRACT**

This project involves the design, construction and implementation of a mini hydraulic system for low platform, adaptable to mini-head for the transfer of prototype FESPE bed. The design is set based on the geometry and configuration of the mini-platform it is available in the department of energy and mechanical lift to implement the mobility platform for loading and unloading of the prototype system under safety standards Hydraulic design elements. The selected alternative proceeds to detail the selection and disposal of each hydraulic element these accessories have been selected under the statutes governing by international standards and codes that meet distributor's houses these elements forming the mini self-loadable platform. And taking into account parameters that influence situations during operation of the platform as mini loading time and load des prototype which facilitates human work and reduces mechanical stress. Finally, the project will conclude with the detailed design of the part decade that are formed in self-loadable designation as manufacturing, assembly mini platform, field-testing and operation manual.

## **KEYWORDS.**

- **PLATFORM - HYDRAULIC SYSTEM.**
- **AUTO NIMIPLATAFORMA LOADABLE.**
- **HYDRAULIC DESIGN.**
- **PROTOTYPE FESPE.**
- **EFFORTS APPLIED.**

## **CAPÍTULO I**

### **1. GENERALIDADES**

#### **1.1. Tema**

Diseño, construcción e implementación de un sistema elevador para la mini plataforma del departamento de energía y mecánica.

#### **1.2. Antecedentes**

El proyecto FESPE se forma con estudiante de las diversas carreras de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE extensión Latacunga; los que se integran para ser partícipes en el diseño y construcción del prototipo FESPE, que participa en el mundial de Fórmula Student SAE.

El proyecto FESPE ha tenido varios inconvenientes para desarrollarse de una manera técnica, uno de ellos tiene que ver con la carga y descarga del prototipo final, que permita ubicarlo en su medio de transporte.

En la actualidad, la carga y descarga del prototipo FESPE depende de los estudiantes, los mismos que se encargan de levantarlo y ubicarlo en un vehículo, lo que no representa un método técnico, por lo que es necesario proponer la construcción de un sistema elevador, que permitirá realizar la carga y descarga del prototipo de una manera práctica y especializada.

#### **1.3. Planteamiento del problema**

El desarrollo de sistemas innovadores en el mundo, que permitan movilizar vehículos de una manera ágil y segura se ha incrementado notoriamente de ahí la necesidad de involucrar este tipo de acciones en la carga y transportación de vehículos, sin daños ni perjuicios.

En Ecuador, a pesar de la creciente tecnológica, los sistemas elevadores más conocidos como auto-cargables, causan daños estructurales o mecánicos a los vehículos en el momento de cargarlos y transportarlos, lo que impide una confianza total en estos sistemas.

Esto evidencia claramente el escaso desarrollo tecnológico que el país mantiene a nivel de los avances mundiales, sin embargo este problema aqueja inclusive a las instituciones que manejan carreras técnicas de tipo Mecánica, quienes deberían, con su ejemplo, impulsar la mejora de los sistemas integrales de movilización.

Por ejemplo, un caso preciso es notorio en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga, específicamente en el Club que se encarga del diseño y construcción de los prototipos FESPE, con tres años de creación no cuentan con un sistema de carga y descarga para el vehículo

Es así, que este procedimiento que el vehículo FESPE mantiene, debe ser considerado como un problema, ya que los estudiantes son quienes se encargan de levantarlo y bajarlo, para situarlo en su transporte; lo que no es una forma técnica, lo que puede ocasionar accidentes en los estudiantes e inclusive daños estructurales o mecánicos en el equipo.

Para la correcta manipulación del equipo FESPE, es necesario diseñar y construir un sistema auto cargable, para que los estudiantes puedan ubicar el prototipo en la mini plataforma de manera tecnológica, y así evitar los problemas mencionados.

#### **1.4. Descripción resumida del proyecto**

El presente proyecto busca mejorar la carga y descarga adecuado del prototipo; lo que permitirá al estudiante transportar de una mejor manera el prototipo de manera eficiente, eficaz y optimizará su tiempo, además le permitirá contar con las seguridades necesarias en el uso de la plataforma auto cargable; y se desarrolla en las siguientes fases técnicas como son:

### **1.4.1. Diseño**

- Diseño conceptual y funcional
- Selección de alternativas
- Planteamiento de alternativas
- Análisis de alternativas
- Cálculos cae
- Simulación dinámica

### **1.4.2. Manufactura**

- Selección de los procesos
- Mediciones
- Corte
- Maquinado
- Acabado
- Montaje

### **1.5. Justificación e importancia**

El presente proyecto, beneficiará la movilidad eficiente del prototipo FESPE, lo que sin duda evitará la pérdida de tiempo y recursos dentro del Equipo representante. Este proyecto permite que el prototipo viaje a exhibiciones y competencias con las medidas de seguridad necesarias de transporte.

## **1.6. Objetivos del proyecto**

### **1.6.1. Objetivo general**

Diseñar, construir e implementar un sistema elevador en la mini plataforma del departamento de Energía y Mecánica, que permita la carga y descarga con agilidad de los prototipos del equipo FESPE.

### **1.6.2. Objetivos específicos**

- Realizar un diseño hidráulico y mecánico para la construcción del sistema elevador que se adapte a la mini plataforma.
- Simular las cargas a las que serán sometidas a la mini plataforma en diferentes pruebas de manejo mediante el software CAE.
- Construir el sistema elevador hidráulico para mejorar el sistema de carga del prototipo.
- Realizar el estudio técnico e implementación del sistema hidráulico.
- Instalar el proyecto en la mini plataforma del Departamento de Energía y Mecánica
- Proporcionar los datos técnicos y necesarios que ayuden a la construcción del elevador de la mini plataforma.

## **1.7. Metas**

- Realizar un diseño hidráulico mecánico, para definir los movimientos del sistema elevador.
- Realizar la simulación del diseño propuesto para el sistema elevador confiable que soporte diversas circunstancias de manejo
- Realizar un análisis de alternativas, con el fin de encontrar el sistema más adecuado para impulsar los movimientos del mecanismo del sistema elevador.
- Ejecutar las actividades de corrección, con lo que se permita tener en óptimas condiciones para la construcción del sistema.

- Construir el sistema hidráulico y mecánico del elevador en la mini plataforma del Departamento de Energía y mecánica.
- Elaborar el trabajo escrito final y reportar conclusiones y recomendaciones del proyecto.

### **1.8. Hipótesis**

El sistema elevador implementado en la plataforma permite la carga y descarga rápida y segura de prototipos de vehículos

### **1.9. Variables de investigación**

Para nuestro proyecto de investigación de tesis se aplicara las variables como son: variables independientes y variables dependientes.

#### **Variable Independiente**

Construcción e implementación de un sistema elevador hidráulico.

#### **Variable Dependiente**

Carga y descarga rápida y segura de prototipos FESPE.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Auto-cargable

Una plataforma auto-cargable se puede definir como vehículo sin eje delantero, no autopropulsado creado y concebido para ser acoplada a un tracto camión, donde descansará parte de la carga del mismo, transfiriéndole una parte sustancial de su masa, para cumplir su objetivo principal, cargar y descargar vehículos y transportarlos a otro lugar con mucha facilidad.



**Figura: 2. 1. Plataforma auto-cargable.**

**Fuente:**<http://www.anuncios.ec/imagen/plataforma-cama-baja-autocargable>

El mecanismo de acople de la plataforma y tracto camión se realiza a través de un mecanismo de enganche, más conocido como quinta rueda o tortuga, la que permite una rápida y perfecta articulación entre la plataforma-cabezal.

El chasis de la plataforma tiene la finalidad de conectar rígidamente el punto de apoyo del king pin y la suspensión trasera del cabezal, al mismo tiempo esta estructura soporta la carga a transportar, además de soportar su propio peso.



## 2.2. Tipos de vehículos especiales de transporte.

Hay vehículos adaptados, que realizan ineficazmente el trabajo de transportación; como plataformas con caída que utilizan rampas desmontables para cargar y descargar los vehículos. Como se muestra en la figura 2.2.



**Figura: 2. 2. Plataforma con caída y rampas desmontables.**

**Fuente:** <http://plataforma-de-la-rampa-elctricos-15000libras-cabrestante>

Los tipos de vehículos especiales que cumplen con el objetivo de cargar vehículos, se detalla a continuación:

### 2.2.1. Grúa de rescate:

Es el tipo más común de grúa que consiste en un armazón montado sobre la plataforma del vehículo que consta de los siguientes elementos para su carga como: un brazo vertical móvil con una grúa, que levanta el vehículo engancho las ruedas.

Por su versatilidad, tienen la capacidad de llevar vehículos de gran tamaño su capacidad para remolcar, es de un vehículo. Como se muestra en la figura 2.3.



**Figura: 2. 3. Grúa tijera tradicional.**

**Fuente:**<http://www.logismarket.cl/pesco/plataforma-electrica-con-tijeras-de-elevacion>.

### 2.2.2. Grúa tijera tradicional.

Consta de una grúa fija vertical montada sobre un chasis corto de gran potencia y peso, estos vehículos, solían ser más solicitados en los años noventa, estos operan llevando la parte frontal o posterior del vehículo con la ayuda de una grúa. Como se lo puede observar en la figura 2.4.



**Figura: 2. 4. Grúa de tijera tradicional.**

**Fuente:**<http://www.logismarket.cl/pesco/plataforma-electrica-con-tijeras-de-elevacion>.

### 2.2.3. Auto-cargable tipo niñera

Este vehículo es de mayor tamaño, ya que su capacidad para transportar es de hasta 3 vehículos por flete; el cual está compuesto por una estructura de dos niveles y su

funcionamiento lo realiza por medio de cilindros hidráulicos. Como se lo puede observar en la figura 2.5.



**Figura: 2. 5. Plataforma Auto-cargable tipo Niñera**

**Fuente: <http://www.directindustry.es>**

#### **2.2.4. Remolque de tiro.**

Básicamente es un remolque no motorizado que se une al vehículo mediante una barra de tiro para ser movilizado; este consta de: un bastidor, tren de tracción, ruedas, superficie de carga, barra de tiro, rampa y dependiendo de su peso y dimensiones, frenos propios. Como se muestra en la figura 2.6.



**Figura: 2. 6. Plataforma remolque de tiro.**

**Fuente: <http://www.special-trailers.com/>**

### 2.2.5. Plataforma biextensible.

Este vehículo no autopropulsado tiene la particularidad de adaptar su longitud total al tipo de contenedor ISO que va a transportar, o a su vez al tipo de cargamento de longitud variable que tenga que transportar por los sistemas viales, por medio de su sistema biextensible.

El chasis de esta plataforma está constituido de tres partes fundamentales:

- Sistema extensible central.
- Cuello deslizable en la parte posterior.
- Cuello deslizable en la parte delantera.



**Figura: 2. 7. Plataforma biextensible.**

**Fuente: <http://www.directindustry.es>**

### 2.2.6. Plataforma portacontenedores.

Este tipo de estructura tiene un chasis formado de dos vigas principales, que soportan directamente el peso del contenedor. Generalmente la plataforma posee doce, ocho o cuatro acoples especiales para sujetar los contenedores que se denominan malacates o piñas los cuales están ubicados en los extremos y en la parte central del chasis.



**Figura: 2. 8. Plataforma portacontenedores.**

**Fuente: <http://www.trailer-china.es/9-low-bed-trailer.html>**

### **2.2.7. Plataforma cisterna.**

Una plataforma cisterna puede definirse como un vehículo que está diseñado para transportar sustancias líquidas (agua, leche, combustible, etc.), está provisto de un tanque montado permanentemente, cuyo peso descansa parcialmente sobre sus propias ruedas y sobre el vehículo tractor por medio del king pin.

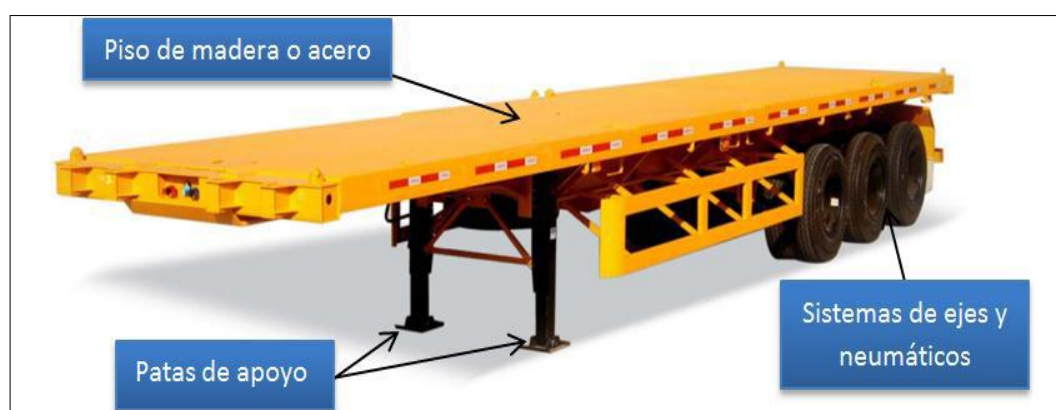


**Figura: 2. 9. Plataforma cisterna.**

**Fuente: <http://www.laso.pt/flota?lang=es>**

### 2.2.8. Plataforma cama alta.

Este tipo de estructura está conformado de dos vigas principales, largueros, arriostres y travesaños, formando un chasis tipo escalera, sobre esta se apoyan planchas de tol diamantadas (antideslizantes), que permite trasladar todo tipo de mercadería, además de poder adaptar contenedores, este tipo de vehículos no autopropulsados, disponen de acoples especiales para sujetar los contenedores uno en cada extremo de la plataforma y dos más en los laterales, la estructura permite acoplar diferentes tipos de contenedores:



**Figura: 2. 10. Plataforma cama alta.**

**Fuente:** <http://www.elnony.com.ar/semicist.html>

### 2.2.9. Plataforma cama baja.

Las plataformas cama baja están principalmente diseñadas para transportar mercancía que es muy ancha o muy alta para las plataformas comunes, este tipo de estructura dispone de rampas en la parte posterior, que permiten el ascenso de vehículos, por lo general mineros (Rodillos Compactadores, Retroexcavadoras, Bulldozer, Palas Cargadoras de Orugas, Tractores de cadenas) hacia la parte central de la plataforma.



**Figura: 2. 11. Plataforma cama baja.**

**Fuente:** <http://www.manac.ca/plates-formes-ext-en.php>.

#### **2.2.10. Plataforma auto-cargable**

La plataforma auto-cargable es la más utilizada para la elevación de autos. Este sistema consiste de una plataforma sobre el chasis, sistemas hidráulicos y una grúa cuyo sistema está montado sobre un vehículo chasis-camión.

Su funcionamiento es deslizar la plataforma sobre el bastidor y se mueve angularmente hasta alcanzar la altura del suelo.



**Figura: 2. 12. Plataforma Auto-cargable.**

**Fuente:** [www.nauticexpo.es/prod/goldhofer/trasnportadores-para-astillero-30683-190550](http://www.nauticexpo.es/prod/goldhofer/trasnportadores-para-astillero-30683-190550).

### 2.3. Características de la plataforma auto-cargable.

- Cumple con las expectativas de utilización de los estudiantes que son confiabilidad, seguridad, y a su vez garantiza excelente estabilidad y adherencia, sin ocasionar riesgos a la integridad del ser humano y el prototipo.
- Su construcción en relación a otros diseños de plataformas auto- cargables es más sencilla ya que está diseñado específicamente para este prototipo.
- El acero estructural ASTM A-36 combina la resistencia mecánica, su capacidad de trabajo, para ser utilizado en diferentes campos de la ingeniería como las estructuras sean estas fijas, como edificios, puentes, etc. o sean móviles, en la industria ferroviaria, automotriz, naval, aeronáutica, etc. generalmente se encuentra con facilidad en el mercado nacional, además nos proporciona ventajas de mecanizado que cumplirán satisfactoriamente su función.

### 2.4. Ventajas del acero

**Tabla 2. 1.**

#### **Ventajas del acero ASTM A-36**

<b>VENTAJAS DEL ACERO</b>	
<b>Uniformidad</b>	Las propiedades del acero no se alteran con el tiempo, ni varían con la localización en los elementos estructurales.
<b>Tenacidad</b>	Esta propiedad le permite absorber energía en grandes cantidades (elástica e inelástica)
<b>Alta Resistencia</b>	La alta resistencia del acero por unidad de peso, permite estructuras relativamente livianas.
<b>Rapidez de Montaje</b>	La velocidad de construcción en acero es muy superior al resto de los materiales.
<b>Ductilidad</b>	Permite soportar grandes deformaciones sin falla, alcanzando altos esfuerzos en tensión.
<b>Reciclable</b>	El acero es un material 100% reciclable, además de ser degradable por lo que no contamina el medio ambiente.
<b>Durabilidad</b>	Un correcto mantenimiento nos permitirá obtener un mayor beneficio en la vida útil.
<b>Facilidad Constructiva</b>	Por su facilidad de trabajo nos permite tener varios tipos de conectores como es la soldadura, uniones empernadas, remaches.
<b>Disponibilidad de Secciones y Tamaños</b>	El acero se encuentra disponible en perfiles para optimizar su uso en gran cantidad de tamaños y formas.

**Fuente:** <http://biblioteca.duoc.cl>.

Y de igual manera se muestra las propiedades del acero seleccionado.



**Tabla 2. 2.****Características acero estructural ASTM A-36**

ACERO ESTRUCTURAL A-36	
Propiedades	Valor
Resistencia final a la tracción	$4 \times 10^2$ Mpa
Resistencia a la Fluencia Tracción	$2.5 \times 10^2$ Mpa
Calor Específico	0.5 KJ / (Kg. k)
Conductividad	44.99 W/(m.K)
Peso especifico	7850 Kg/ $m^3$
Coefficiente de expansión térmica	$11.7 \times 10^{-5}$ / K
Módulo de Rigidez	$7.93 \times 10^4$ Mpa
Factor Poisson	0.26
Módulo de Elasticidad	$2 \times 10^5$ Mpa

**Fuente: Base de datos COSMOS WORKS 2011.**

### 2.5. Componentes implementados en la plataforma auto- cargable:

Para la mejor forma comprensión de la auto-cargable, se deberá describir los componentes que fueron implementados, que dependiendo del diseño son:

- Sistema hidráulico
- King pin
- Accesorios de seguridad
- Bastidor o escalera para el deslizamiento

#### 2.5.1. Sistema hidráulico

Los fundamentos de la hidráulica se basan en dos principios fundamentales de la física, a saber:

**Principio de Pascal:** el cual expresa que la presión que ejerce un fluido incompresible y en equilibrio dentro de un recipiente de paredes indeformables se transmite con igual intensidad en todas las direcciones y puntos del fluido.

**Principio de Bernoulli:** expone que en un fluido ideal (sin viscosidad ni rozamiento) en régimen de circulación por un conducto cerrado, la energía que posee el fluido permanece constante a lo largo de su recorrido.

La energía de un fluido en cualquier momento consta de tres componentes: cinética (que es la energía debida a la velocidad que posee el fluido), potencial o gravitacional (que es la energía debido a la altitud del fluido), y una energía que podríamos llamar de "flujo" (que es la energía que un fluido contiene debido a su presión).

En la siguiente ecuación, conocida como "Ecuación de Bernoulli" expresa matemáticamente este concepto:

$$\frac{V^2 \cdot \rho}{2} + P + \rho \cdot g \cdot z = constante$$

Ecuación: 2-1

Siendo,

- v** la velocidad del fluido en la sección considerada;
- $\rho$**  la densidad del fluido;
- P** es la presión del fluido a lo largo de la línea de flujo;
- g** la aceleración de la gravedad;
- z** la altura en la dirección de la gravedad desde una cota de referencia.

Los sistemas hidráulicos, objeto de estudio de este proyecto, constituyen una de las formas tecnológicas que actualmente empleamos para la transmisión de potencia en máquinas. Todo sistema hidráulico está compuesto de los siguientes elementos principales:



**Figura: 2. 13. Sistema hidráulico Auto-cargable.**

**Fuente: <http://todomecanicaa.blogspot.com>**

- Un depósito acumulador del fluido hidráulico;
- Una bomba impulsora, que aspirando el fluido desde el depósito crea el flujo en el circuito hidráulico;
- Válvula de control que permite controlar la dirección de movimiento del fluido;
- Actuador o pistón hidráulico, que puede ser de simple o doble efecto, siendo el elemento que transmite la fuerza final;
- Red de conductos por el que circula el fluido desde la bomba hasta los actuadores y retorna al depósito acumulador;
- Filtros de limpieza del fluido hidráulico;
- Válvula de alivio, que proporciona una salida al sistema en caso de producirse un aumento excesivo de la presión del fluido dentro del circuito.

### 2.5.1.1. Componentes del sistema

#### a) Fluido hidráulico

Para que un fluido pueda ser empleado como líquido del circuito de un sistema hidráulico, éste deberá presentar las siguientes propiedades:

- Ser un fluido incompresible para un rango amplio de presiones;
- Ofrecer una buena capacidad de lubricación en metales y gomas;
- Buena viscosidad con un alto punto de ebullición y bajo punto de congelación (el rango de trabajo debe oscilar entre  $-70^{\circ}\text{C}$  hasta  $+80^{\circ}\text{C}$ );
- Presentar un punto de autoignición superior, al menos a los  $100^{\circ}\text{C}$ ;
- No ser inflamable;
- Ser químicamente inerte y no corrosivo;
- Ser un buen disipador de calor, al funcionar también como refrigerante del sistema;

Los fluidos hidráulicos presentes en el mercado se pueden agrupar, en general, en tres grandes grupos:

**Fluidos sintéticos de base acuosa:** son resistentes a la inflamación. A su vez, se subdividen en dos tipos:

- Emulsiones de agua y aceite. En este tipo de fluidos, además del aceite de base mineral emulsionable se emplean aditivos que le confieren propiedades antioxidantes, antidesgaste, etc.
- Soluciones de agua-glicol. Mezclas de 40% glicol y 60% agua, más aditivos especiales.

**Fluidos sintéticos no acuosos:** son compuestos sintéticos orgánicos (fosfatos ésteres simples o clorados, hidrocarburos clorados y silicatos ésteres). Son caros, pero presentan un punto de inflamación muy alto.

**Aceites minerales o sintéticos:** son hidrocarburos extraídos del petróleo donde son procesados con aditivos químicos, que les confiere unas buenas prestaciones a un coste relativamente bajo. Son los más usados comercialmente.

La forma de denominar a los fluidos hidráulicos está regulada según la norma DIN 51524 y 51525. Así, los fluidos hidráulicos siguiendo esta normativa se denominan todos con la letra H a la que se le añaden otras letras, para indicar el tipo de aditivos o propiedades del fluido. A continuación, se muestra la designación de los fluidos hidráulicos según su tipo:

**Aceites minerales o sintéticos:**

- **HH:** si se trata de un aceite mineral sin aditivos;
- **HL:** si se trata de un aceite mineral con propiedades antioxidantes y anticorrosivas;
- **HP (ó HLP):** aceite tipo HL con aditivos que mejoran la resistencia a cargas;
- **HM (ó HLM):** aceite mineral tipo HL que incluye además aditivos antidesgaste;
- **HV:** aceite tipo HM que además incorpora aditivos que mejoran su índice de viscosidad.

**Fluidos sintéticos de base acuosa:**

- **HFA:** emulsión de aceite en agua (contenido de agua: 80-98%);
- **HFB:** emulsión de agua en aceite (contenido de agua: 40%);
- **HFC:** solución de poliglicoles (contenido de agua: 35-55%);
- **HFD:** líquidos anhídricos (contenido de agua: 0-0,1%).

**Fluidos sintéticos no acuosos:**

- **HFD-R:** aceite a base de esterfosfatos;
- **HFD-S:** aceite a base de hidrocarburos halogenados;
- **HFD-T:** aceite a base de mezcla de los anteriores.

Por otro lado, la propiedad que más distingue un fluido hidráulico de otro es la medida de su viscosidad. La norma DIN 51524 define los siguientes grados para la llamada viscosidad cinemática, según la tabla siguiente:

**Tabla 2. 3.**  
**Grados de viscosidad ISO**

ISO Grados de viscosidad	Viscosidad cinemática $\left(\frac{mm^2}{s}\right)$ a 40°C	
	Min	Max
ISO VG 10	9	11
ISO VG 22	19,8	24,2
ISO VG 32	28,8	35,2
ISO VG 46	41,4	50,6
ISO VG 68	61,2	74,8
ISO VG 100	90	110

Fuente: <http://todomecanicaa.blogspot.com>

#### b) Depósito hidráulico

El depósito o también llamado tanque hidráulico, cumple con varias funciones:

- Además de servir, como uso más inmediato, de dispositivo por donde se realiza el llenado y vaciado de fluido hidráulico, sirve también como depósito pulmón desde donde se realiza la aspiración por parte de la bomba.
- Sirve también como elemento disipador de calor mediante las paredes del tanque, refrigerando así el aceite contenido en su interior. Para ello, es necesario que el aceite tenga un tiempo de residencia mínimo en el interior del tanque de al menos 1 ó 2 minutos. Así en función del caudal de la bomba, se podría diseñar el volumen del tanque. En efecto, para una bomba con un caudal de diseño, por ejemplo, de 10 l/min, haría falta un tanque con capacidad de al menos 20 litros.
- Al servir como depósito de remanso del aceite, se usa también para la deposición en el fondo de partículas y contaminantes que se puedan arrastrar del circuito hidráulico, evitándose así que vuelvan a recircular.



**Figura: 2. 14. Deposito hidráulico**

Fuente: <http://todomecanicaa.blogspot.com>

**c) Bomba hidráulica**

La bomba constituye un elemento que transforma la energía mecánica a energía hidráulica constituye; por lo que toma energía del toma fuerza y distribuye el aceite.



**Figura: 2. 15. Bomba Hidráulica.**

Fuente: <http://mecanica.blogspot.com>

Tabla 2. 4.

## Clasificación de Bombas

	CLASE	TIPO
ROTO DINÁMICAS	CENTRÍFUGAS Y PERIFÉRICAS	Voluta Difusor Turbina Regenerativa Turbina Vertical Flujo Mixto Flujo Axial
	ROTATORIAS	Engranaje Álabe Leva y Pistón Tornillo Lóbulo Bloque de vaivén
DESPLAZAMIENTO POSITIVO	ECIPROCANTES	Acción directa Potencia Diafragma Rotatoria Pistón

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/encendido>

## d) Cilindros hidráulicos

En el caso de estos dispositivos, existen dos tipos que son de elevación vertical y de desplazamiento de doble efecto; estos son los que permiten que la plataforma se ajuste a las posiciones para cargar y descargar.



Figura: 2. 16. Cilindros hidráulicos.

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/encendido>

Estos cilindros son sometidos a esfuerzos de compresión, y el vástago estará sometido a este tipo de sollicitación, por lo que corre el riesgo de sufrir el fenómeno de pandeo. Para tener en cuenta este tipo de inestabilidad, el cálculo del diámetro del vástago se realiza aplicando la Teoría de Euler. Según esta teoría, para un determinado



diámetro ( $d$ ) de vástago, la fuerza máxima que puede soportar sin que sufra de pandeo viene dada por la siguiente ecuación.

$$F = \frac{k}{s}$$

Ecuación: 2-2

Donde  $S$  es un factor de seguridad de valor 3,5 y  $K$  es la carga de pandeo (en  $kg$ ) que se calcula mediante la siguiente expresión

$$K = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2}$$

Ecuación: 2-3

Donde,


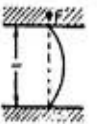

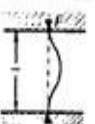
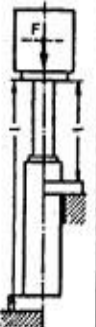
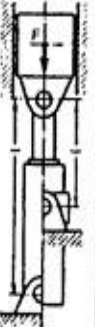

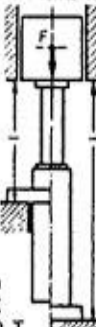
**E** es el módulo de elasticidad, de valor  $2,1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$  para el acero;

**I** es el momento de inercia de la sección transversal del vástago, de valor  $\pi \cdot d^2/64$  para un vástago de sección circular de diámetro  $d$ ;

**L** es la longitud de pandeo del vástago, que depende del método de sujeción empleado en su montaje.

La longitud de pandeo  $L$ , en general no va a coincidir con la longitud real del vástago, sino que va a depender del método de sujeción en el montaje del cilindro.

En la siguiente tabla se indica cómo se calcula  $L$  en función de las distintas situaciones de montaje del cilindro hidráulico.

Solicitaciones según Euler				
Solicitaciones según Euler	Caso 1	Caso 2 (básico)	Caso 3	Caso 4
	Un extremo libre, un extremo fijo	Dos extremos articulados	Un extremo articulado, un extremo fijo	Dos extremos fijos
Gráfico				
Longitud libre de pandeo	$s_K = 2l$	$s_K = l$	$s_K = l \cdot \sqrt{\frac{1}{2}}$	$s_K = \frac{l}{2}$
Situación de montaje del cilindro	 Forma de sujeción C, D, F, H, K L, M, N, P, Q, T	 Forma de sujeción B, E, G, R, S	Indicación: Guiado cuidadoso de la carga, posible bloqueo  Forma de sujeción C, D, F, H, K L, M, N, P, Q, T	Indicación: Desfavorable; gran posibilidad de bloqueo  Forma de sujeción C, D, F, H, K L, M, N, P, Q, T

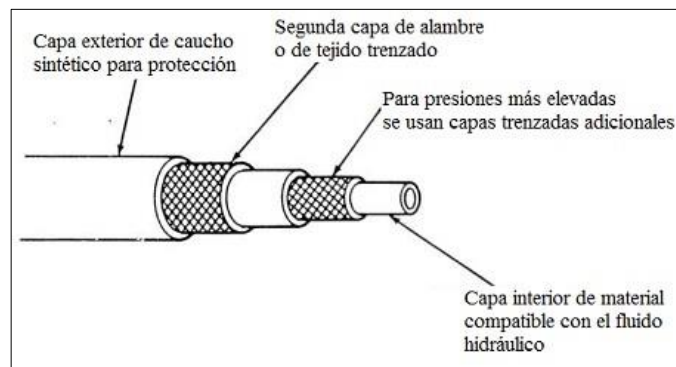
Fuente: Cálculo de la longitud libre de pandeo, L

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/encendido-capacitivo.htm>

### e) Tuberías hidráulicas

Para la conducción del fluido hidráulico se emplean tanto tuberías rígidas de acero sin soldadura, como mangueras flexibles, evitándose en todo momento emplear elementos galvanizados, dado que el zinc presente puede ser muy reactivo con ciertos aditivos presentes en los fluidos hidráulicos.

Para aplicaciones móviles y de distancias cortas, se suele emplear mangueras flexibles como la que se muestra en la figura.



**Figura: 2. 17. Manguera flexible para aplicaciones hidráulicas**

**Fuente: <http://www.dacarsa.net/basic/divulgacion/DIS.php>**

En el caso de mangueras flexibles, en su cálculo hay que tener en cuenta un factor de seguridad  $F_s$ , en función de la presión de servicio o de funcionamiento a la que trabaje la manguera.

$$F_s = \frac{\textit{PresiondeRotura}}{\textit{PresiondeFuncionamiento}}$$

Ecuación: 2-4

#### f) Grúa Arrastre o Carrete (Winche)

El carrete permite arrastrar la carga mediante la tracción de cable de acero de un carrete. El principio para jalar al vehículo se sabe en la fuerza de arrastre, peso del vehículo y la inclinación de la plataforma (figura 2.18)

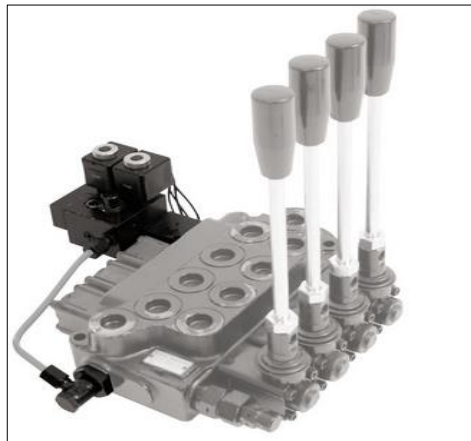


**Figura: 2. 18. Grúa Carrete.**

**Fuente: <http://todomecanicaa.blogspot.com>**

**g) Mandos de control**

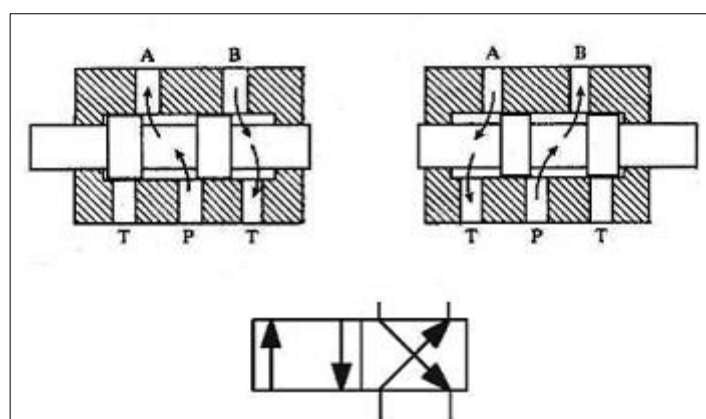
Son válvulas de control manual, las cuales permiten maniobrar el movimiento de los cilindros hidráulicos, pueden ser de diversos tipos: válvulas controladoras de presión, de caudal, válvulas direccionales o distribuidoras, válvulas de bloqueo o válvulas de cierre (figura 2.16).



**Figura: 2. 19.**Mandos de control hidráulico.

**Fuente:** <http://todomecanicaa.blogspot.com>

Válvulas direccionales que distribuyen el flujo dentro del circuito hidráulico.



**Figura: 2. 20.** Válvula distribuidora de cuatro vías y dos posiciones.

**Fuente:** <http://todomecanicaa.blogspot.com>

### 2.5.2. King pin

El King pin también conocido como perno rey es parte del sistema de acoplamiento, en el cual está incluido la unidad acopladora del cabezal, la cual se denomina quinta rueda, este componente permite el giro entre el cabezal y la plataforma, además de soportar las fuerzas que se generan cuando el cabezal empieza su marcha o cuando el cabezal frena o se detiene totalmente.



**Figura: 2. 21. King Ping.**

**Fuente: <http://www.dici.com.ec/>**

Para la selección del king pin se calcula la fuerza de arrastre, que viene especificado en el manual del fabricante, en nuestro caso el King pin 90 marca Jost de 2 plg.

El ensamblaje del King pin a la plataforma se realiza mediante suelda o mediante la colocación de pernos. Al momento del montaje se recomienda que el king pin esté centrado, perpendicular a la chapa y se debe engrasar, con grasa para alta presión con MoS<sub>2</sub> (Sulfuro de molibdeno) u otra grasa equivalente, este procedimiento nos asegura prolongar la vida útil de los componentes en fricción.

### 2.5.3. Accesorios de seguridad

Los accesorios de seguridad son de gran importancia para permitir la circulación en las carreteras de la plataforma por lo cual hemos tomado en cuenta los siguientes elementos:

#### a) Barras de apoyo

Las barras de apoyo o también conocidas como patinestrenes de aterrizaje o piernas Dolly (figura 2.22), son elementos complementarios de la plataforma que ayudan a soportar su peso cuando se encuentra desacoplado del cabezal.

Por lo general son de tipo telescópico con varias capacidades de carga estática y se accionan con una palanca que se encuentra al alcance del conductor.



**Figura: 2. 22. Barras de apoyo.**

Las barras de apoyo se las utiliza para realizar movimientos de aproximación, se recomienda que no deba usarse para subir y bajar la unidad desmesuradamente.

#### 2.5.4. Bastidor o escalera para el deslizamiento

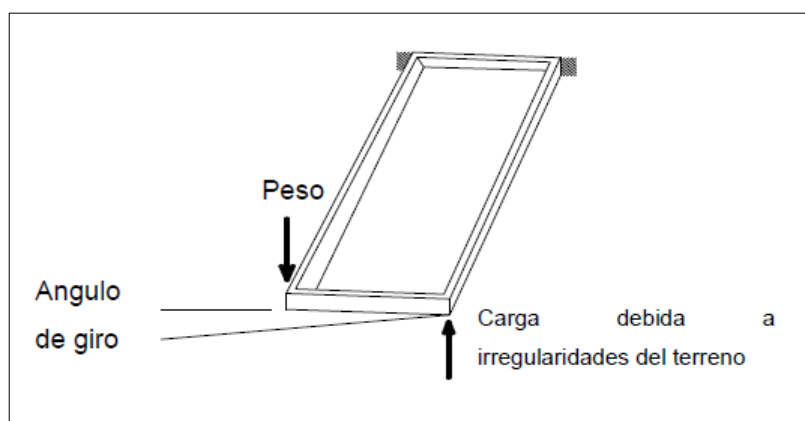
El bastidor o escalera es la estructura más importante en la plataforma formada de largueros y travesaños que son unidos entre sí, para darle resistencia a la torsión

mantener el conjunto e impedir una falla por inestabilidad como se indica en la figura 2.23.



**Figura: 2. 23. Bastidor.**

Es necesario unir rieles del bastidor con rriotes, para evitar la torsión causada cuando se deforma la escalera de la estructura, debido a una carga asimétrica, (desnivel de suelo o carga desproporcionada). Está también presente en cada curva; ya que es importante para la adherencia, como se observa en la figura 2.24.



**Figura: 2. 24. Cargas actuantes en la torsión en el bastidor.**

**Fuente:** <http://www.dici.com.ec/>

El par torsor al que está sometido la estructura, proviene de las reacciones ejercidas en los apoyos del bastidor (provenientes de los cilindros hidráulicos y pivote), por el brazo comprendido entre los rieles.

La expresión global de la rigidez es:

$$K = \frac{P}{\Delta}$$

Ecuación: 2-5

Donde:

P es la carga aplicada.

$\Delta$  es el desplazamiento.

La rigidez cumple con las siguientes proporcionalidades:

$$K \propto E \cdot I$$

$$K \propto E \cdot A$$

Siendo:

E, el módulo de elasticidad o módulo de Young

I, el módulo de inercia.

A, el área de la sección.

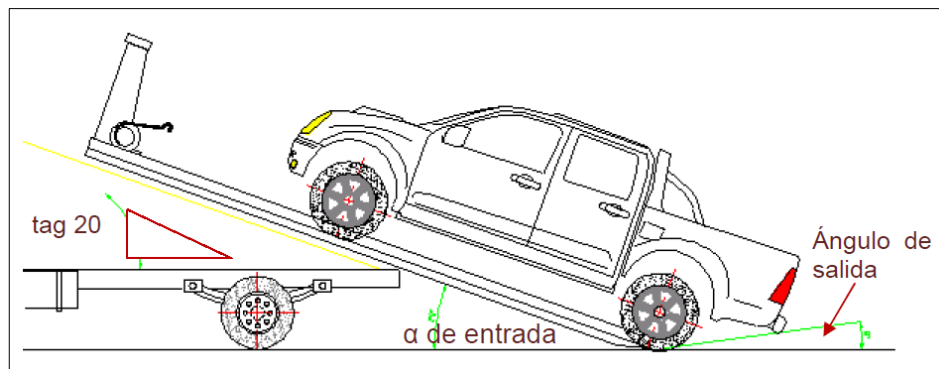
## 2.6. Análisis del sistema

El análisis de sistema como conjunto, debe estar direccionado, a resolver las operaciones de carga y descarga los vehículos, por medio de un análisis geométrico.



### 2.6.1. Geometría del sistema

Para el análisis geométrico la posición de la plataforma para la carga, está determinada por la pendiente de la plataforma y el suelo, como se muestra en la (figura 2.25).

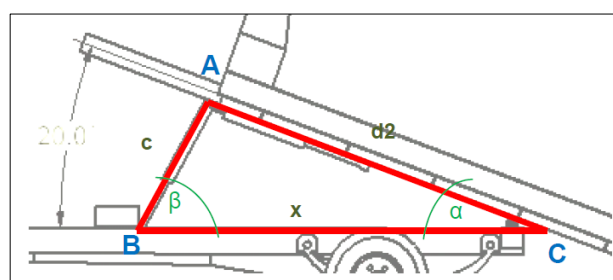


**Figura: 2. 25. Ángulos de entrada del vehículo.**

**Fuente:** <http://www.dici.com.ec/>

Para la carga, los ángulos de entrada y salida en la plataforma, no deben ser mayores a  $20^\circ$ , para el prototipo FESPE que tiene carrocería baja.

De las pruebas de carga y descarga del prototipo ha logrado determinar la geometría para su correcto funcionamiento (figura 2.26), por lo que se ha optado la forma del triángulo ABC formado por los elementos: chasis como elemento fijo y bastidor – plataforma como elementos móviles y el cilindro hidráulico; ubicados en la posición de carga (inclinada en desplazamiento). A continuación se detalla el conjugado del sistema que forma la figura para su análisis.



**Figura: 2. 26 Triangulo para el sistema de carga.**

**Fuente:** <http://www.dici.com.ec/>

Se ha propuesto establecer las identidades geométricas por la ley de Senos para el triángulo ABC, como se lo indica a continuación:

$$\frac{\text{Sen } \alpha}{c} = \frac{\text{Sen } \beta}{d_2} = \frac{\text{Sen } A}{x}$$

Ecuación: 2-6

$$\beta = \text{Sen}^{-1} \left( \frac{\text{Sen } \alpha}{c} \cdot d_2 \right)$$

Donde;

$\alpha$  Angulo de entrada máximo  $\alpha \leq 20^\circ$  recomendado.

$\beta$  Angulo de empuje de pistón.

$d_2$  Distancia entre ejes de apoyo de plataforma

$$d_2 \leq 2,7 \text{ mts} \text{ Distancias entre ejes vehículo.}$$

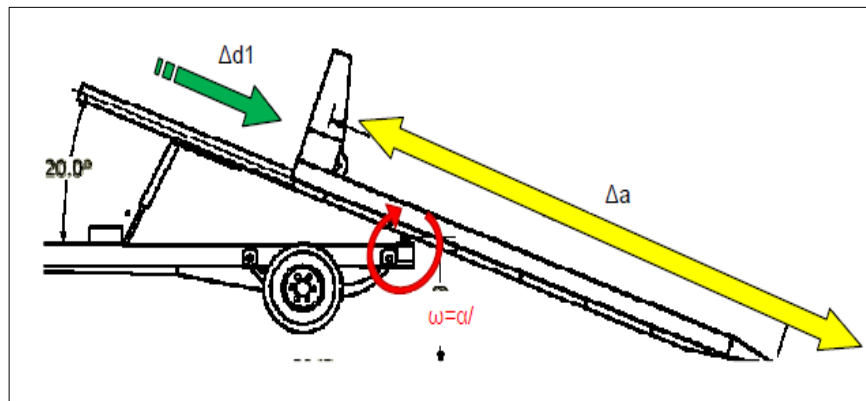
$x$  = distancia entre eje de pomela - gorrón

$c$  = carrera de pistón vertical.

$$c < 1 \text{ mts} - \text{altura de chasis.}$$

### 2.6.2. Velocidad del sistema

Citados los dos desplazamientos del sistema (angular y el deslizamiento de la plataforma (figura 2.27), es preciso determinar la velocidad de operación.



**Figura: 2. 27 Desplazamientos del sistema para el funcionamiento.**

Fuente: <http://www.dici.com.ec/>

Donde:

$\alpha$  = Angulo de giro =  $20^\circ$

$V_d$  = velocidad de deslizamiento.

$\Delta d_1$  = deslizamiento de la plataforma en el bastidor = 300cm

$\Delta a$  = desplazamiento del cable de arrastre = 550cm

## CAPÍTULO III

### 3. DISEÑO MECÁNICO E HIDRÁULICO

#### 3.1. Introducción

En presente capítulo se presenta el resultado de la búsqueda del diseño más adecuado de un sistema a ser implementado en la mini plataforma del Departamento de Energía y Mecánica con el objetivo de elevar y transportar los prototipos fórmula SAE (FSAE) del equipo FESPE (figura 3.1).



**FRAME CONSTRUCTION** Tubular structure  
**MATERIAL** ASTM A 500 25mm dia.  
**OVERALL L / W / H (mm)** 3060 / 1400 / 1070  
**WHEELBASE (mm) / TRACK (Fr / Rr) (mm)** 1600 / 1240 / 1220  
**WEIGHT WITH 68kg DRIVER (Fr / Rr)** 144 / 156  
**SUSPENSION** Double unequal length A-Arm. Pull rod longitudinally and Push rod actuated horizontally  
**TYRES (Fr / Rr)** 20.0x7.0 R13 GoodYear  
**WHEELS (Fr / Rr)** 7x13, 100 offset, 2 pc Al Rim  
**ENGINE** 2006 Honda CBR600 F4i  
**BORE / STROKE / CYLINDERS / DISPLACEMENT**  
 67mm / 42.5mm / 4 cylinders / 599cc  
**COMPRESSION RATIO** 12:1  
**FUEL SYSTEM** Multipoint Injection. Programmed Fuel Injection

**Figura: 3. 1. Características principales del vehículo FSAE colibrí**

**Fuente: Formula Student Germany – Programme 2014**

A fin de cumplir con todos los requerimientos funcionales y de seguridad exigidos para este tipo de máquina, se comenzó con un diseño preliminar del elevador y el

mismo se fue modificando y optimizando durante la etapa de diseño hasta obtener su diseño definitivo, el mismo que se describe a continuación en el presente capítulo.

### 3.2. Parámetros de diseño

Los parámetros de diseño del elevador a ser implementado en la mini plataforma se basa en los requerimientos técnicos establecidos para los vehículos FSAE especificado en el Reglamento de la Fórmula SAE 2014, como son: tamaño y peso máximo del vehículo a elevar, distancia entre ejes y ancho de vía; así como también, en las especificaciones técnicas que tienen elevadores semejantes existentes en el mercado, los mismos que se revisaron en el capítulo anterior.

De estos requerimientos técnicos y las características del vehículo FSAE mostrado en la figura 3.1, se determina que los principales datos que influyen en el dimensionamiento de la plataforma y del sistema de elevación son:

- Peso total del vehículo FSAE colibrí = 300 kg
- Longitud total del vehículo= 3060 mm
- Ancho total del vehículo= 1400 mm
- Altura total del vehículo= 1070 mm
- Ancho mínimo de vía = 1145 mm

A partir de estos datos y considerando un rango de seguridad para el peso y dimensiones mínimas requeridas se establece que la plataforma y el sistema de elevación deben cumplir con los siguientes parámetros de diseño:

- Carga máxima a elevar ( $W_V$ ) = 5000 N (500 kg)
- Longitud libre requerida para la plataforma = 3800 mm
- Ancho mínimo requerida para la plataforma = 1600 mm
- Separación máxima entre rampas = 1100 mm

Adicionalmente, en base a las características de los sistemas de elevación y remolque existentes en el mercado se determinan los siguientes parámetros:

- Accionamiento para elevación de la plataforma Electro-Hidráulico
- Accionamiento para avance de la plataforma Electro-Hidráulico
- Accionamiento para arrastre del vehículo Cable y polea
- Tiempo máximo de avance de la plataforma = 10 s
- Tiempo máximo de elevación de la plataforma = 5 s
- Tiempo máximo de arrastre del vehículo = 10 s
- Ángulo máximo de inclinación de la plataforma = 12°
- Factor de seguridad recomendado (Anexo x01) = 2,0 – 2,5

### **3.3. Diseño geométrico del sistema de elevación**

De acuerdo con los parámetros de diseño y los requerimientos funcionales exigidos, se propone para el sistema de elevación la geometría mostrada en la figura 3.2.

Como se observa en la figura 3.2, los elementos principales que componen el sistema de elevación son:

1. Chasis de la plataforma
2. Sistema de rieles para la plataforma
3. Plataforma
4. Rampas
5. Cilindro hidráulico para avance de la plataforma
6. Cilindro hidráulico para elevación de la plataforma
7. Mecanismo de arrastre de vehículo



### 3.4. Determinación de cargas

En base a la carga máxima a levantar y las dimensiones establecidas en los parámetros de diseño se determinan las fuerzas y reacciones que actúan sobre cada uno de los componentes del sistema de elevación.

#### 3.4.1. Fuerza requerida en el pistón del cilindro hidráulico 1

Para calcular la fuerza ( $F_{cil1}$ ) requerida en el pistón del cilindro hidráulico 1 con el fin de generar el movimiento de avance (para adelante o para atrás) de la plataforma, es necesario determinar la fuerza de fricción ( $F_{f1}$ ) que se produce entre el sistema de rieles y la plataforma.

$$W_{T1} = W_V + W_{pt} + W_{rp} + W_{cil1}$$

$$W_{T1} = 5000 \text{ N} + 5000 \text{ N} + 350 \text{ N} + 400 \text{ N} = 10750 \text{ N}$$

$$W_{T1} = 10750 \text{ N}$$

Donde:

$W_{T1}$  = peso total sobre el sistema de rieles

$W_{pt}$  = Peso de la plataforma

$W_{T1}$  = peso de las rampas

$W_{pt}$  = Peso del cilindro hidráulico 1



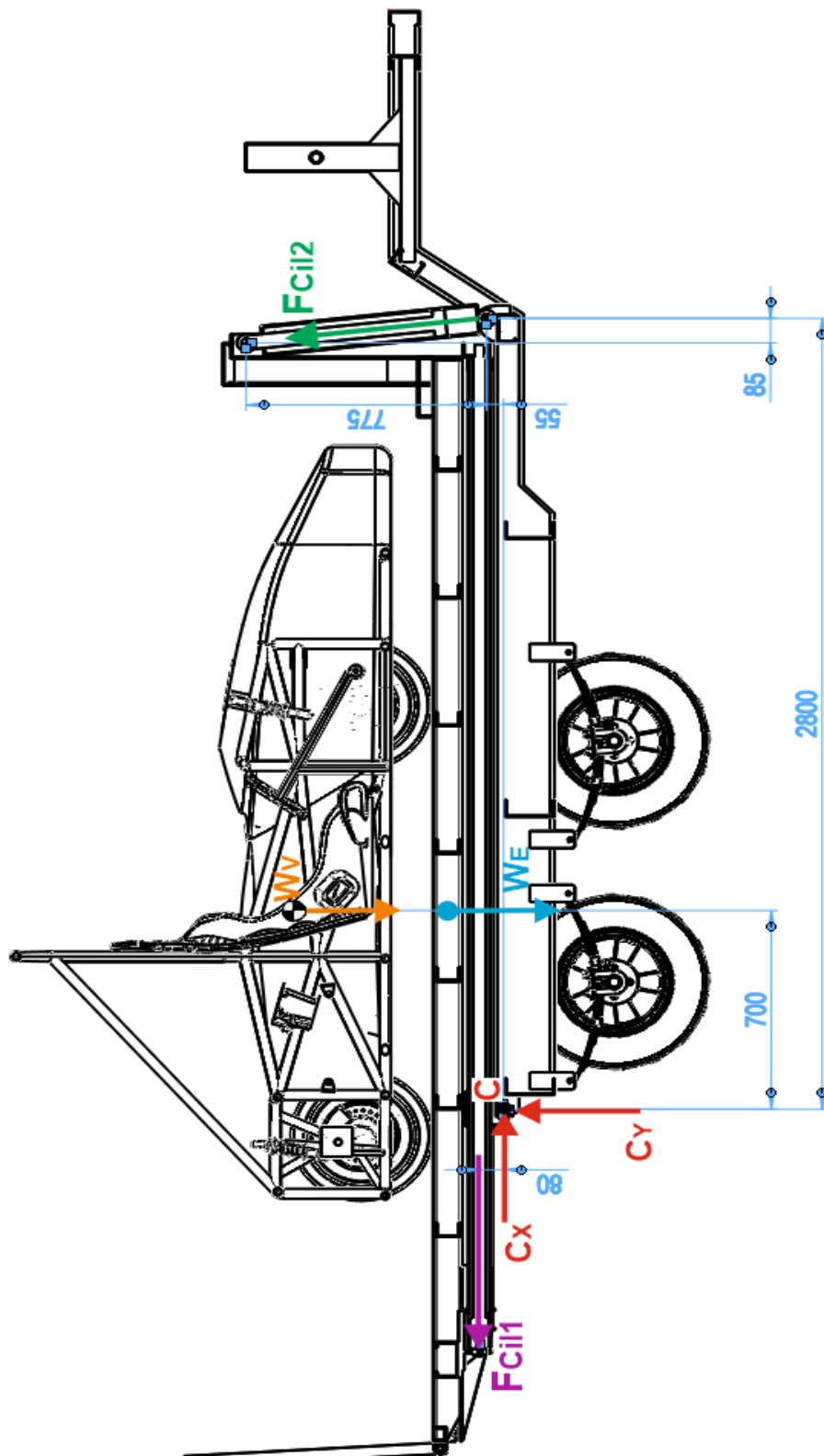


Figura: 3. 3. Diagrama del cuerpo libre del sistema de elevación

Entonces:

$$F_{f1} = \mu_{st-st} \cdot N = \mu_{st-st} \cdot W_{T1}$$

$$F_{f1} = 0,5 \cdot 10750 \text{ N} = 5375 \text{ N}$$

$$\mathbf{F_{cil1} = F_{f1} = 5375 \text{ N}}$$

Donde:

$\mu_{st-st}$  = coeficiente de fricción acero – acero = 0,5 (Anexo B)

$N$  =Fuerza normal

El cálculo de la fuerza ( $F_{cil2}$ ) requerida en el pistón del cilindro hidráulico 2 para generar el movimiento de elevación de la plataforma se lo realiza a partir del análisis estático del diagrama del cuerpo libre del sistema de elevación mostrado en la figura 3.3.

El ángulo de inclinación inicial del cilindro hidráulico 2 es:

$$\theta = \tan^{-1} \frac{775}{85}$$

$$\theta = 83,74^\circ$$

Por lo tanto, aplicando sumatoria de momentos en el punto C se tiene:

$$\sum M_C = 0$$

$$+F_{cil2} \cdot \cos \theta \cdot 0,055 \text{ m} + F_{cil2} \cdot \sin \theta \cdot 2,8 \text{ m} - W_{T1} \cdot 0,7 \text{ m} - F_{cil1} \cdot 0,08 \text{ m} = 0$$

$$F_{cil2} = \frac{7095}{2,789}$$

$$\mathbf{F_{cil2} = 2543,7 \text{ N}}$$

### 3.4.2. Reacciones en el punto c

Las reacciones en el punto C vienen dado por:

$$\begin{aligned}\sum F_x &= 0 \\ C_X - F_{cil1} - F_{cil2} \cdot \cos \theta &= 0 \\ C_X &= 5375 \text{ N} + 2543,7 \text{ N} \cdot \cos 83,74^\circ \\ \mathbf{C_X} &= \mathbf{5625,3 \text{ N}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum F_y &= 0 \\ C_Y + F_{cil2} \cdot \sin \theta - W_{T1} &= 0 \\ C_Y &= 10750 \text{ N} - 2543,7 \text{ N} \cdot \sin 83,74^\circ \\ \mathbf{C_Y} &= \mathbf{8221,2 \text{ N}}\end{aligned}$$

### 3.5. Diseño del chasis de la plataforma

Sobre el chasis se monta el prototipo FSAE, la plataforma y todos los componentes del sistema de elevación, por lo que el chasis debe ser lo suficientemente rígido para soportar las cargas que se describen a continuación:

- 1) Peso total sobre el sistema de rieles:

$$W_{T1} = 10750 \text{ N}$$

- 2) Reacciones en el punto C:

$$C_X = 5625,3 \text{ N}$$

$$C_Y = 8221,2 \text{ N}$$

3) Fuerza del cilindro hidráulico 2:

$$F_{cil2X} = 2543,7 \text{ N} \cdot \cos 83,74^\circ$$

$$F_{cil2X} = 277,35 \text{ N}$$

$$F_{cil2Y} = 2543,7 \text{ N} \cdot \sin 83,74^\circ$$

$$F_{cil2Y} = 2528,76 \text{ N}$$

4) Peso de los dos neumáticos de repuesto:

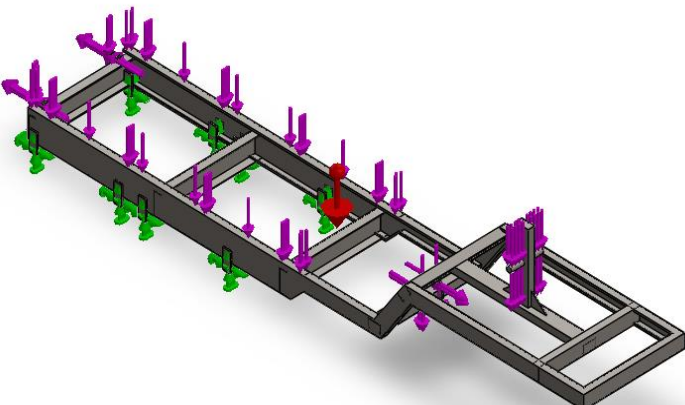
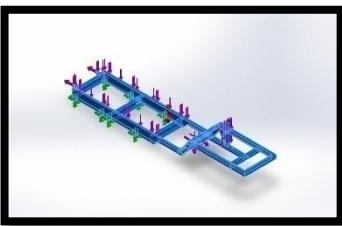
$$W_n = 1000 \text{ N}$$

El chasis se fabricará utilizando perfiles estructurales tipo Correas G de acero estructural ASTM A36.

### **3.5.1. Información del modelo**

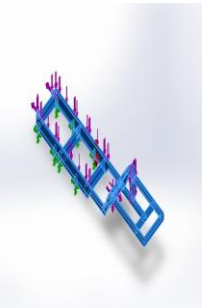
El análisis de esfuerzos en el chasis se realiza con ayuda del software SolidWorksSimulation.

En la figura 3.3 están representadas las cargas vivas, reacciones de los apoyos y el empuje de los cilindros sobre el bastidor.

			
<b>Nombre del modelo: Chasis plataforma D</b> <b>Configuración actual: Predeterminado</b>			
<b>Sólidos</b>			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
<b>Línea de partición2</b> 	<b>Sólido</b>	Masa: 155.584 kg Volumen: 0.0198197 m <sup>3</sup> Densidad: 7850 kg/m <sup>3</sup> Peso: 1524.73 N	F:\Plataforma\Plataforma SolidWorks\Diseno Plataforma\Chasis plataforma D.SLDPRT <b>Mar 24 10:52:46 2015</b>
<b>Unidades</b>			
<b>Sistema de unidades:</b>		Métrico (MKS)	
<b>Longitud/Desplazamiento</b>		Mm	
<b>Temperatura</b>		Kelvin	
<b>Velocidad angular</b>		Rad/seg	
<b>Presión/Tensión</b>		N/m <sup>2</sup>	

**Figura: 3. 4. Información del modelo**

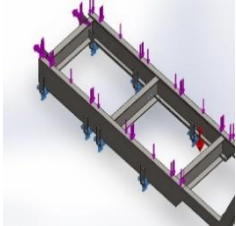
En la figura 3.4 podemos observar las propiedades de los materiales utilizados para la construcción del bastidor de la plataforma.

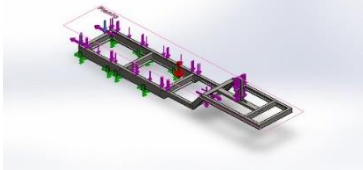
Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: <b>ASTM A36 Acero</b> Tipo de modelo: <b>Isotrópicoelástico lineal</b> Criterio de error predeterminado: <b>Desconocido</b> Límiteelástico: <b>2.5e+008 N/m<sup>2</sup></b> Límite de tracción: <b>4e+008 N/m<sup>2</sup></b> Móduloelástico: <b>2e+011 N/m<sup>2</sup></b> Coeficiente de Poisson: <b>0.26</b> Densidad: <b>7850 kg/m<sup>3</sup></b> Módulocortante: <b>7.93e+010 N/m<sup>2</sup></b>	<b>Sólido 1(Línea de partición2)(Chasis plataforma D)</b>

**Figura: 3.5. Información del modelo**

### 3.5.2. Cargas y sujeciones en el chasis.

Las cargas que actúan en el chasis y en las sujeciones se observan con mayor detalle en la siguiente figura 3.5.

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
<b>Fijo-1</b>		<b>Entidades:</b> <b>Tipo:</b>	8 cara(s) Geometría fija	<b>Fuerzas resultantes</b>

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga		
<b>Cy</b>		<b>Entidades:</b> 4 cara(s), 1 plano(s) <b>Referencia:</b> Planta <b>Tipo:</b> Aplicarfuerza <b>Valores:</b> ---, ---, -8221.2 N <b>Ángulo de fase:</b> 0 <b>Unidades:</b> Deg		

CONTINÚA →

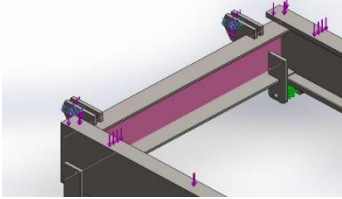
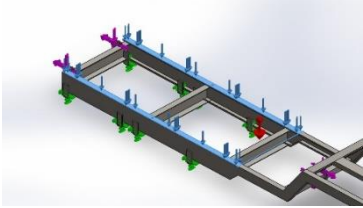
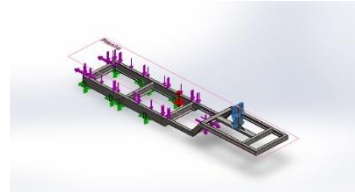
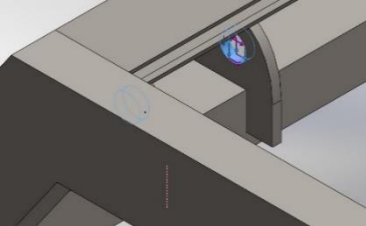
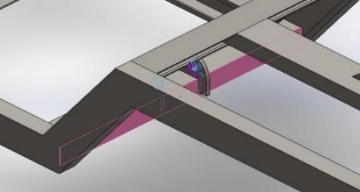
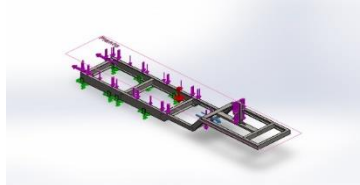
Cx		<p>Entidades: 4 cara(s)  Referencia: Cara&lt; 1 &gt;  Tipo: Aplicarfuerza  Valores: ---, ---, 5652.3 N  Ángulo de fase: 0  Unidades: deg</p>
Wt		<p>Entidades: 2 cara(s)  Tipo: Aplicarfuerza normal  Valor: 10750 N  Ángulo de fase: 0  Unidades: Deg</p>
Wn		<p>Entidades: 2 cara(s), 1 plano(s)  Referencia: Planta  Tipo: Aplicarfuerza  Valores: ---, ---, -1000 N  Ángulo de fase: 0  Unidades: Deg</p>
Fcil2y		<p>Entidades: 2 cara(s)  Referencia: Arista&lt; 1 &gt;  Tipo: Aplicarfuerza  Valores: ---, ---, -2528.76 N  Ángulo de fase: 0  Unidades: Deg</p>
Fcil2x		<p>Entidades: 2 cara(s)  Referencia: Cara&lt; 1 &gt;  Tipo: Aplicarfuerza  Valores: ---, ---, -277.35 N  Ángulo de fase: 0  Unidades: deg</p>
Gravedad-1		<p>Referencia: Planta  Valores: 0 0 -9.81  Unidades: SI</p>

Figura: 3.6. Cargas y sujeciones en el chasis

### 3.5.3. Resultado de los esfuerzos en el chasis.

Los datos de las reacciones y esfuerzos resultantes arrojados por el programa software SolidWorks Simulation, son como indica la (tabla 3.1).

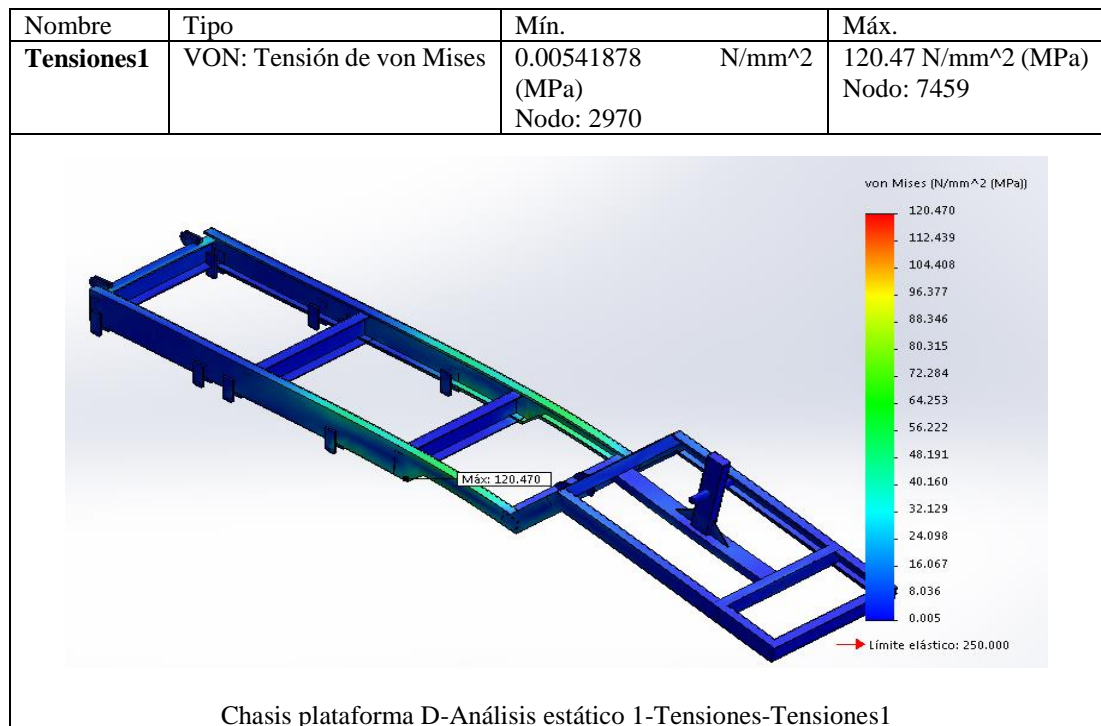
**Tabla 3.1.**

#### Fuerza de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N	5373.32	24029.2	5.19756	24622.7

#### TENSIÓN DE VON MISES:

El análisis de tensiones de Von Mises (Figura 3.6) nos dio como resultado que las áreas de mayor tensión se localizan en la parte central del bastidor, sobre todo en la zona más delgada, con un valor 120.47 MPa en el nodo: 7459 y el área de menor tensión se localiza en los arriostes que dan rigidez a las vigas principales, a pesar de esto el material se encuentra dentro del límite elástico que es 250 MPa.

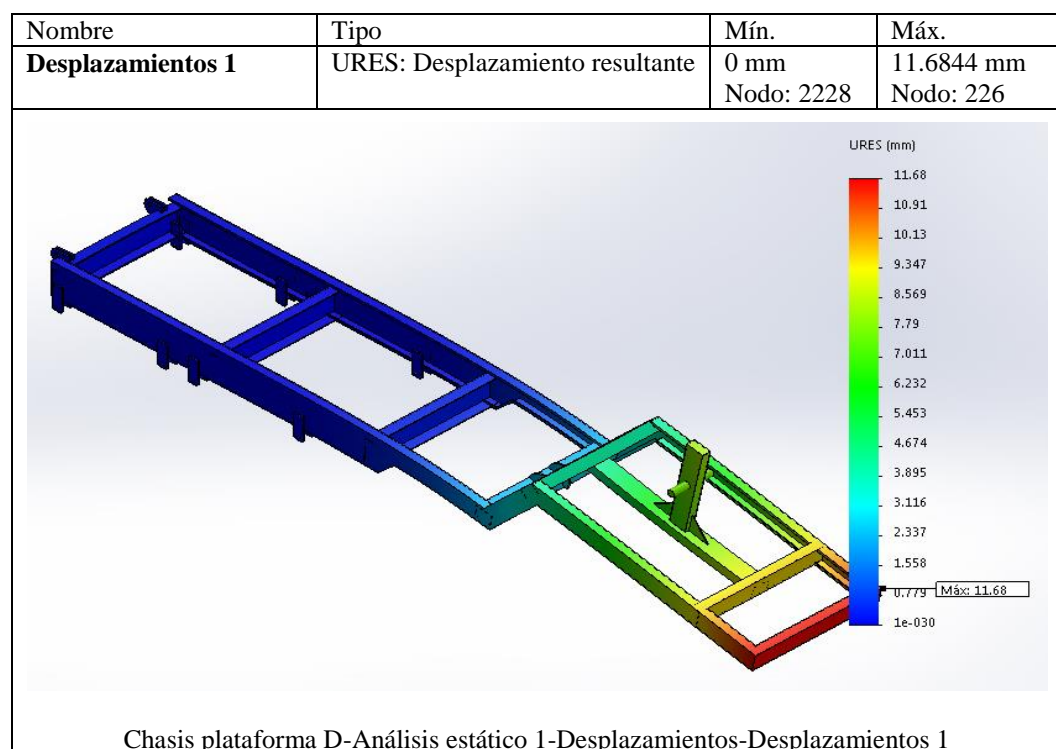


**Figura: 3. 7. Chasis plataforma D-Análisis estático 1-Tensiones-Tensiones1**



## DESPLAZAMIENTO

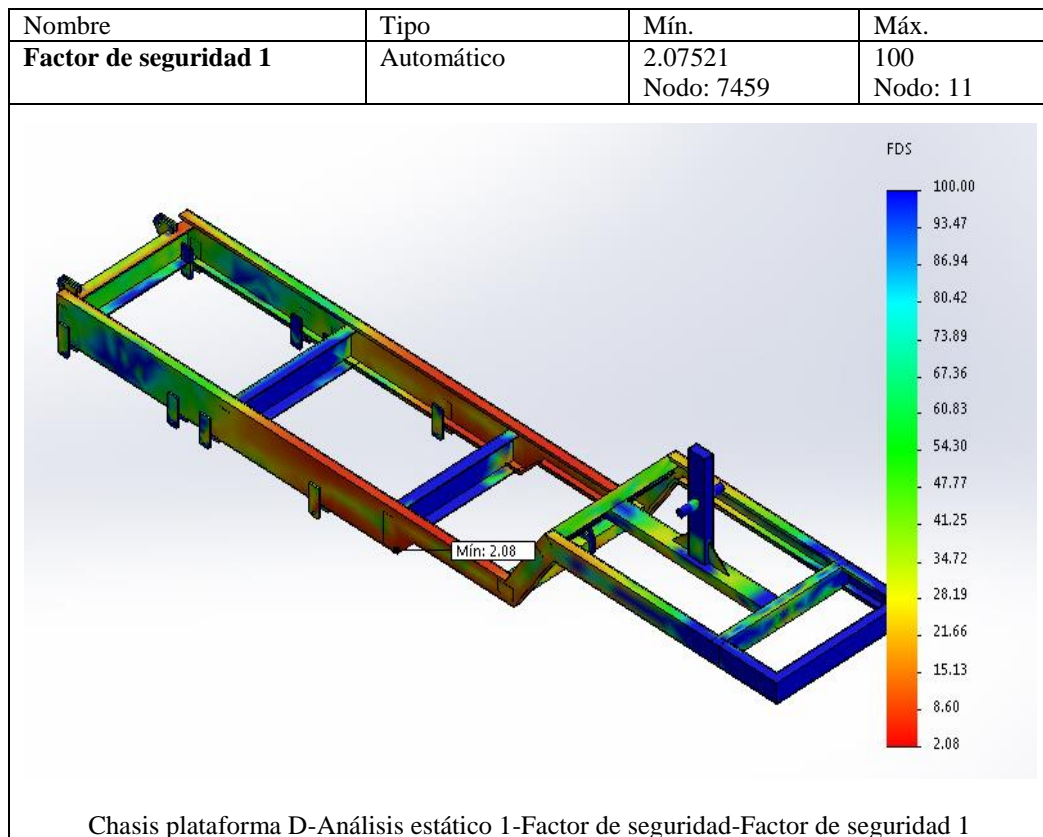
El desplazamiento o deformación máxima (figura 3.8), que presenta el miembro estructural bajo las cargas de funcionamiento, se localiza en el área ubicada entre el área de la base del king pin y el arriote delantero, zona en la cual cambia las dimensiones de las vigas principales, con un valor máximo de 11.68mm, en el nodo 226, localizada en la zona del king pin sin embargo esta deformación se encuentra dentro de los rangos permitidos para este tipo de estructuras.



**Figura: 3.8. Chasis plataforma D-Análisis estático 1-Desplazamientos.**

## FACTOR DE SEGURIDAD

El factor de seguridad mínimo (figura 3.9) en el chasis resultó un valor de 2.07, en el central del bastidor en el destaje que es el punto más crítica, la cual está sometida a cargas dinámicas donde se puede determinar que el valor resultante se encuentra en el rango permitido de diseño de elementos estructurales.



**Figura: 3.9. Chasis plataforma D-Análisis estático 1-Factor de seguridad**

### 3.6. Diseño del sistema de rieles

El sistema de rieles permite el movimiento de avance y retroceso de la plataforma para la carga y la descarga de prototipo FSAE por lo que está sometido a las cargas que se describen a continuación:

5) Peso total sobre el sistema de rieles:

$$W_{T1} = 10750 \text{ N}$$

6) Fuerza del cilindro hidráulico 1:

$$F_{cil1} = 5375 \text{ N}$$

7) Fuerza del cilindro hidráulico 2:

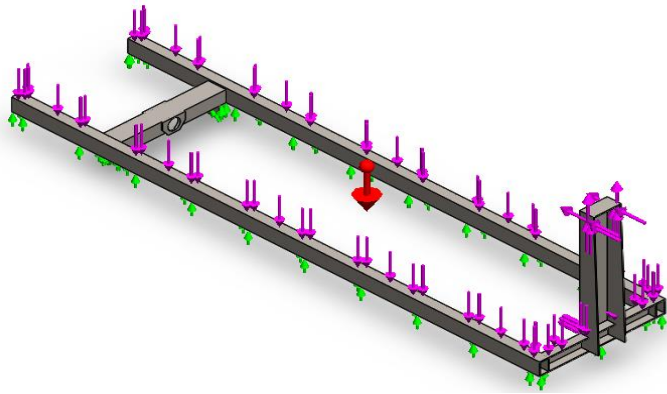
$$F_{cil2X} = 277,35 \text{ N}$$

$$F_{cil2Y} = 2528,76 \text{ N}$$

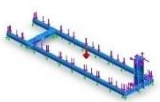
El sistema de rieles para la plataforma se fabricará utilizando perfiles estructurales tipo Canal U de acero estructural ASTM A36.

### 3.6.1. Información del sistema de rieles

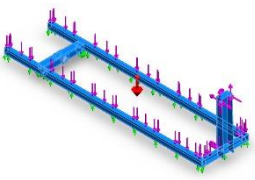
Los esfuerzos analizados en el sistema de rieles se consiguieron mediante la ayuda del software SolidWorksSimulation (Figura3.10) donde se puede observar la distribución de fuerzas en cada punto de los rieles y los materiales respectivamente utilizados.



**Nombre del modelo: Rieles D**  
**Configuración actual: Predeterminado**

Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
<b>Línea de partición1</b>  	<b>Sólido</b>	Masa:113.995 kg Volumen:0.0145217 m <sup>3</sup> Densidad:7850 kg/m <sup>3</sup> Peso:1117.15 N	F:\Plataforma\Plataforma SolidWorks\Diseno <b>Mar 24 10:53:54 205</b>

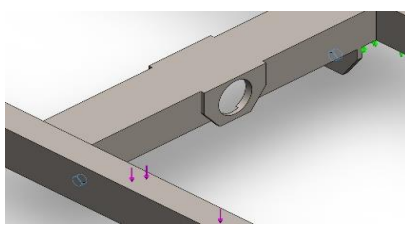
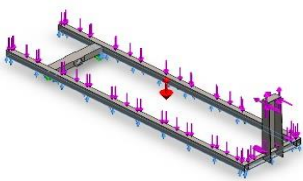
CONTINÚA →

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: <b>ASTM A36 Acero</b> Tipo de modelo: <b>Isotrópicoelástico lineal</b> Criterio de error predeterminado: <b>Desconocido</b> Límiteelástico: <b>2.5e+008 N/m<sup>2</sup></b> Límite de tracción: <b>4e+008 N/m<sup>2</sup></b> Móduloelástico: <b>2e+011 N/m<sup>2</sup></b> Coeficiente de Poisson: <b>0.26</b> Densidad: <b>7850 kg/m<sup>3</sup></b> Módulocortante: <b>7.93e+010 N/m<sup>2</sup></b>	<b>Sólido 1(Línea de partición1)(Rieles D)</b>

**Figura: 3.10. Información del diseño, sistema de rieles**

### 3.6.2. Cargas y sujeciones del sistema de rieles

Las cargas que actúan en el sistema de rieles y en las sujeciones del mismo se observan con mayor detalle en la siguiente figura 3.11.

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
<b>Bisagra fija-1</b>		<b>Entidades: 2 cara(s)</b> <b>Tipo: Bisagrafija</b>		
<b>Rodillo/Control deslizante-1</b>		<b>Entidades: 1 cara(s)</b> <b>Tipo: Rodillo/Control deslizante</b>		
<b>Fuerzas resultantes</b>				
Componentes	X	Y	Z	Resultante

*CONTINÚA* →

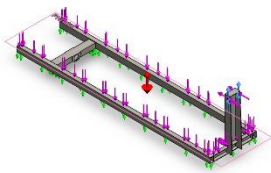
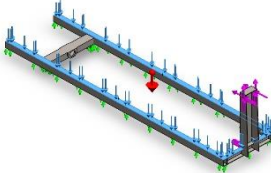
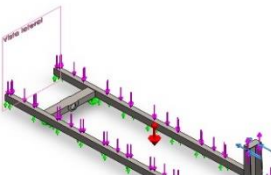
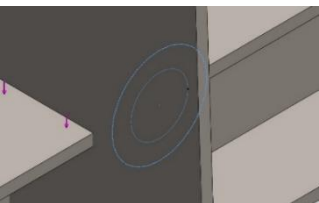
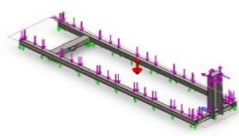
Fuerza de reacción(N)		-17.7739	9551.93	-8.7718	9551.95
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga			
Fcil2y		Entidades:	2 cara(s), 1 plano(s)		
		Referencia:	Planta		
		Tipo:	Aplicarfuerza		
		Valores:	---, ---, ---, 2528.76 N		
		Ángulo de fase:	0		
		Unidades:	Deg		
Wt		Entidades:	2 cara(s)		
		Tipo:	Aplicarfuerza normal		
		Valor:	10750 N		
		Ángulo de fase:	0		
		Unidades:	Deg		
Fcil2x		Entidades:	2 cara(s), 1 plano(s)		
		Referencia:	Vista lateral		
		Tipo:	Aplicarfuerza		
		Valores:	---, ---, ---, 277.35 N		
		Ángulo de fase:	0		
		Unidades:	Deg		
Fcil1		Entidades:	1 cara(s)		
		Tipo:	Aplicarfuerza normal		
		Valor:	5375 N		
		Ángulo de fase:	0		
		Unidades:	Deg		
Gravedad-1		Referencia:	Planta		
		Valores:	0 0 - 9.81		
		Unidades:	SI		

Figura: 3.11. Carga y sujeciones del sistema de rieles

### 3.6.3. Resultados de esfuerzos en el sistema de rieles

En la tabla 3.2 se puede observar las fuerzas de reacción que actúan en el sistema rieles.

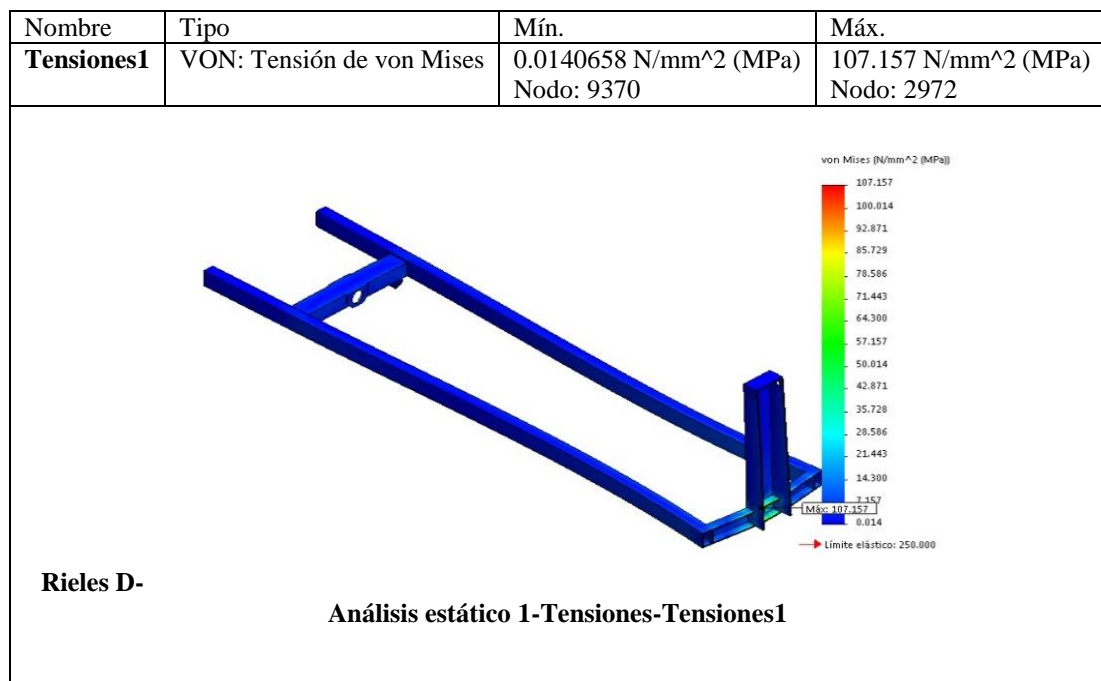
**Tabla 3. 2.**

#### Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N	-5003.22	9338.36	-9.35292	10594.2

#### TENSIÓN DE VON MISES:

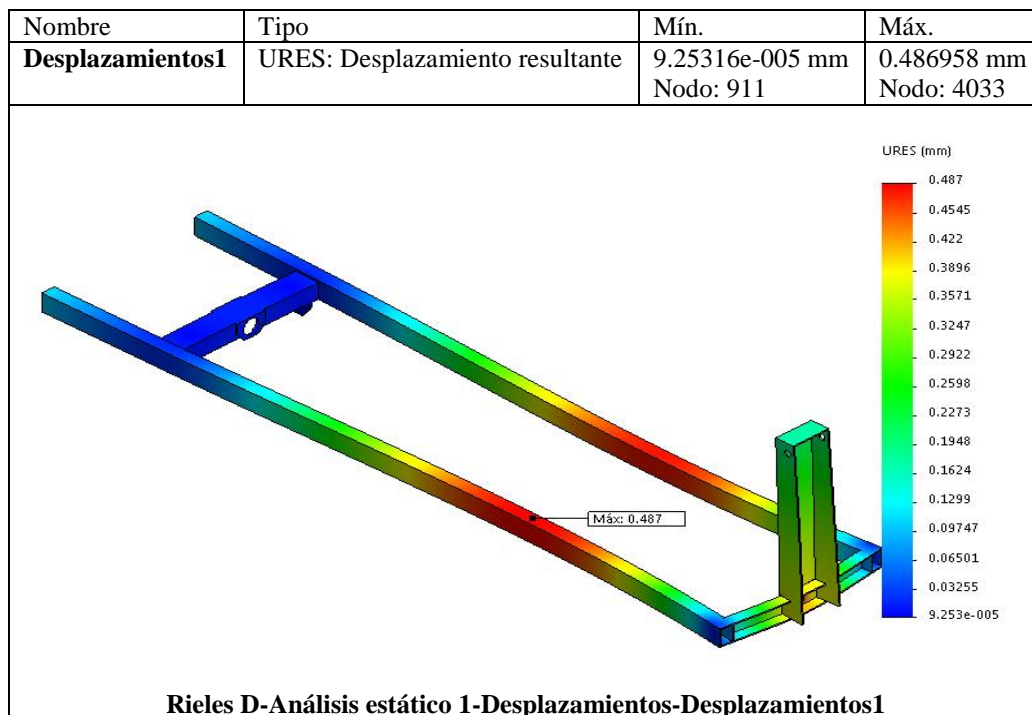
En el análisis de Von Mises del sistema de rieles (figura 3.12) da como resultado que las áreas de mayor tensión se localizan en el apoyo del cilindro hidráulico lateral, con un valor 107.15 MPa en el nodo: 2972 y el área de menor tensión se en el empuje del cilindro vertical, a pesar de esto el material se encuentra dentro del límite elástico permitido.



**Figura: 3.12.Resultados del estudio sistema de rieles**

### DESPLAZAMIENTO:

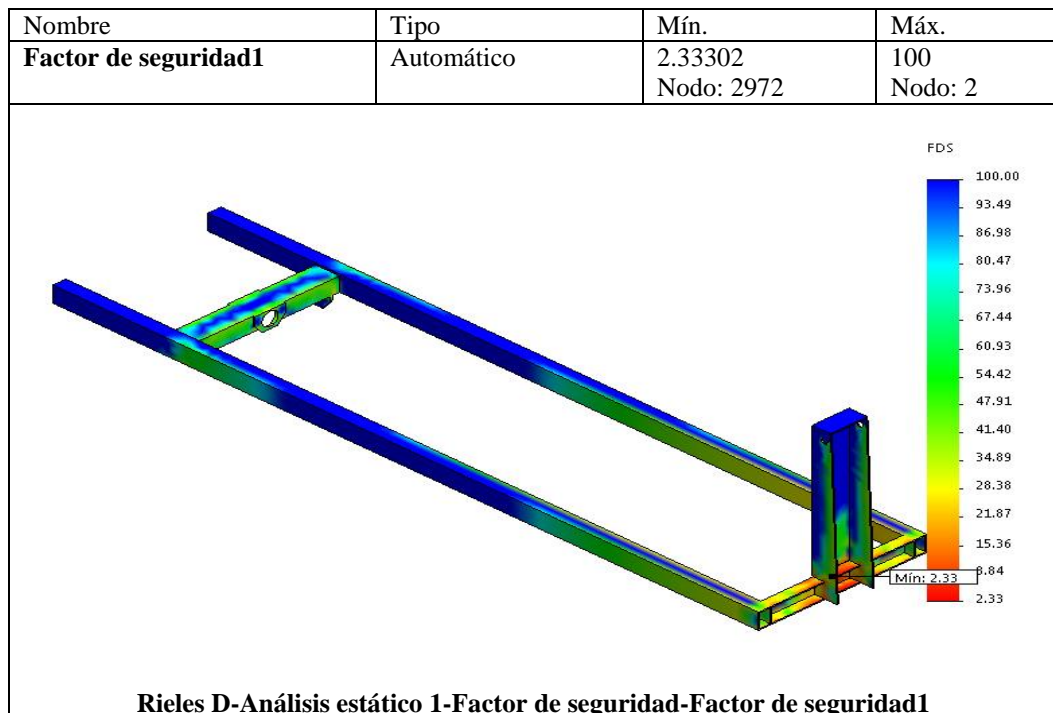
La deformación máxima del sistema de rieles (Figura 3.13), que presenta la parte estructural bajo las cargas de funcionamiento, se localiza en el área central de las vigas la cual cambia sus dimensiones principales, con un valor máximo de 0.49mm, en el nodo 4033, por lo que esta deformación se encuentra dentro de los rangos permitidos en el diseño y construcción en este tipo de estructura.



**Figura: 3.13. Análisis estático del sistema de rieles.**

### FACTOR DE SEGURIDAD DEL SISTEMA DE RIELES

En el análisis del factor de seguridad mínimo (figura 3.14) dio como resultado 2.33, en la zona de apoyo del cilindro hidráulico vertical zona más crítica, la cual está sometida a cargas dinámicas donde se puede determinar que el valor resultante se encuentra en el rango permitido de diseño de elementos estructurales



**Figura: 3.14. Factor de seguridad en el sistema de rieles**

### 3.7. Diseño de la plataforma

Sobre la plataforma se coloca tanto el prototipo FSAE como el sistema de arrastre del vehículo por lo que debe resistir las cargas que se describen a continuación:

- 8) Peso máximo del prototipo FSAE:

$$W_V = 5000 \text{ N}$$

- 9) Fuerza de fricción entre los neumáticos del prototipo FSAE y el suelo:

$$F_{f2} = \mu_{ch-asf} \cdot W_V$$

$$F_{f2} = 0,8 \cdot 5000 \text{ N}$$

$$F_{f2} = 4000 \text{ N}$$

Donde:

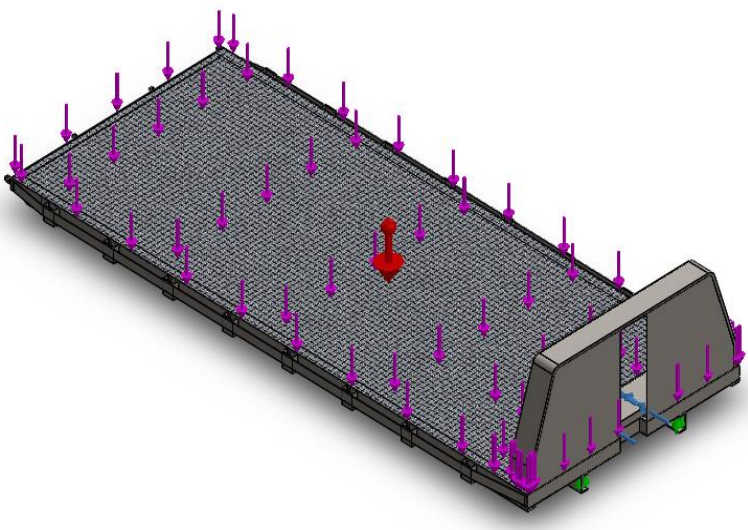


$\mu_{ch-asf}$  = coeficiente de fricción caucho – asfalto = 0,8 (Anexo X03)

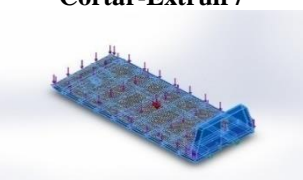
La plataforma se fabricara utilizando diferentes tipos de perfiles estructurales de acero ASTM A36.

### 3.7.1. Información de la plataforma

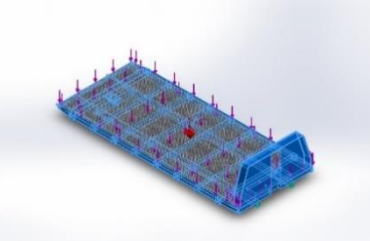
El análisis de esfuerzos en la plataforma se realiza con ayuda del software SolidWorksSimulation (Figura 3.15) donde se encuentran representadas las cargas vivas, reacciones de los apoyos y el empuje en la plataforma.



**Nombre del modelo: Plataforma D**  
**Configuración actual: Predeterminado**

<b>Sólidos</b>			
<b>Nombre de documento y referencia</b>	<b>Tratado como</b>	<b>Propiedades volumétricas</b>	<b>Ruta al documento/Fecha de modificación</b>
<b>Cortar-Extruir7</b> 	<b>Sólido</b>	Masa:472.423 kg Volumen:0.0601813 m <sup>3</sup> Densidad:7850 kg/m <sup>3</sup> Peso:4629.75 N	F:\Plataforma\Plataforma SolidWorks\Diseno Plataforma\Plataforma D.SLDPRT <b>Mar 24 12:31:16 2015</b>

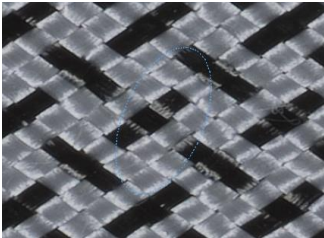
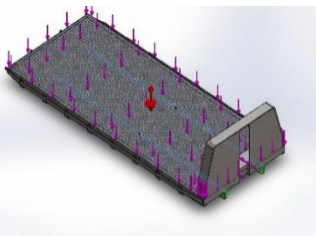
CONTINÚA →

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: <b>ASTM A36 Acero</b> Tipo de modelo: <b>Isotrópicoelástico lineal</b> Criterio de error predeterminado: <b>Desconocido</b> Límiteelástico: <b>2.5e+008 N/m<sup>2</sup></b> Límite de tracción: <b>4e+008 N/m<sup>2</sup></b> Móduloelástico: <b>2e+011 N/m<sup>2</sup></b> Coeficiente de Poisson: <b>0.26</b> Densidad: <b>7850 kg/m<sup>3</sup></b> Módulocortante: <b>7.93e+010 N/m<sup>2</sup></b>	<b>Sólido 1(Cortar-Extruir7)(Plataforma D)</b>

**Figura: 3.15. Información de la plataforma**

### 3.7.2. Carga y sujeciones en la plataforma

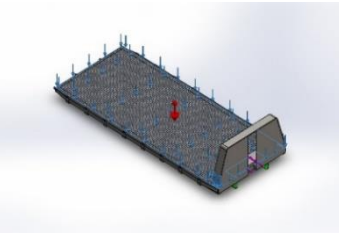
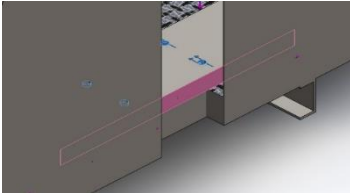
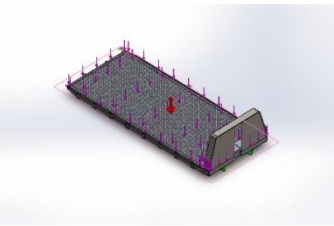
Las cargas que actúan en la plataforma y en las sujeciones del mismo se observan con mayor detalle en la siguiente figura 3.16.

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
<b>Fijo-1</b>		<b>Entidades: 1 arista(s)</b> <b>Tipo: Geometría fija</b>		
<b>Fuerzas resultantes</b>				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	<b>4000.52</b>	<b>1690.88</b>	<b>6.72375</b>	<b>4343.19</b>
Momento de reacción(N.m)	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Rodillo/Control deslizante-1</b>		<b>Entidades: 2 cara(s)</b> <b>Tipo: Rodillo/Control deslizante</b>		
<b>Fuerzas resultantes</b>				

CONTINÚA →

Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-5.55058	8013.27	-4.99692	8013.27
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
<b>Wv</b>		<b>Entidades:</b> 1 cara(s) <b>Tipo:</b> Aplicarfuerza normal <b>Valor:</b> 5000 N <b>Ángulo de fase:</b> 0 <b>Unidades:</b> Deg
<b>Ff2</b>		<b>Entidades:</b> 4 cara(s) <b>Referencia:</b> Cara< 1 > <b>Tipo:</b> Aplicarfuerza <b>Valores:</b> ---, ---, 4000 N <b>Ángulo de fase:</b> 0 <b>Unidades:</b> deg
<b>Gravedad-1</b>		<b>Referencia:</b> Planta <b>Valores:</b> 0 0 -9.81 <b>Unidades:</b> SI

**Figura: 3.16.Cargas y sujeciones de la plataforma**

### 3.7.3. Resultados de esfuerzos en la plataforma

Observamos las fuerzas de reacción que actúan en la plataforma (tabla 3.3).

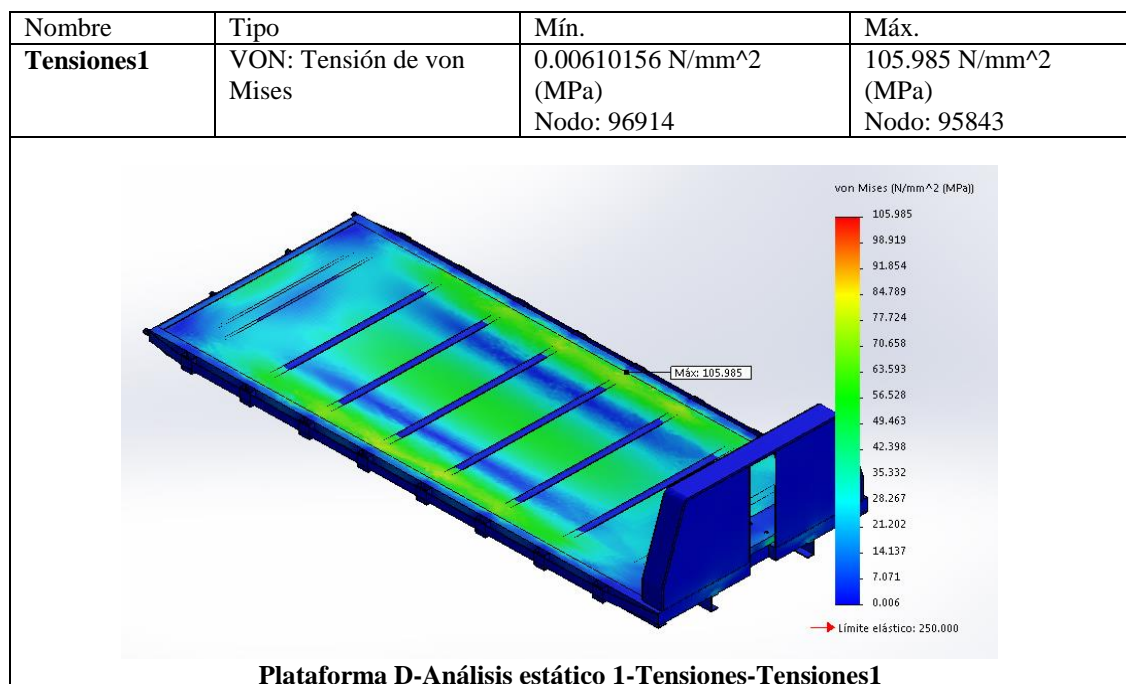
**Tabla 3.3.**

#### Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N	3994.98	9704.15	1.72677	10494.3

## TENSIÓN DE VON MISES

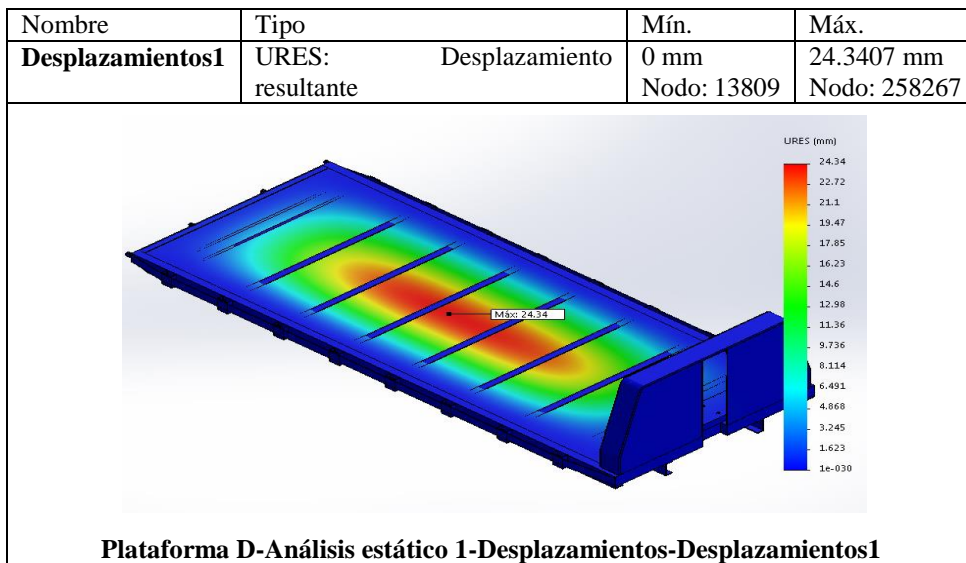
Para el análisis de Von Mises en la plataforma (figura 3.17) dio como resultado que las áreas de mayor tensión se localizan en la parte central en los apoyos de las vigas del bastidor con una tensión máxima 105.98 MPa en el nodo: 95843 y el área de menor tensión se localiza en el espaldar de la plataforma, a pesar de esto el material de la plataforma se encuentra dentro del límite elástico.



**Figura: 3.17. Análisis Von Mises en la plataforma**

## DESPLAZAMIENTO:

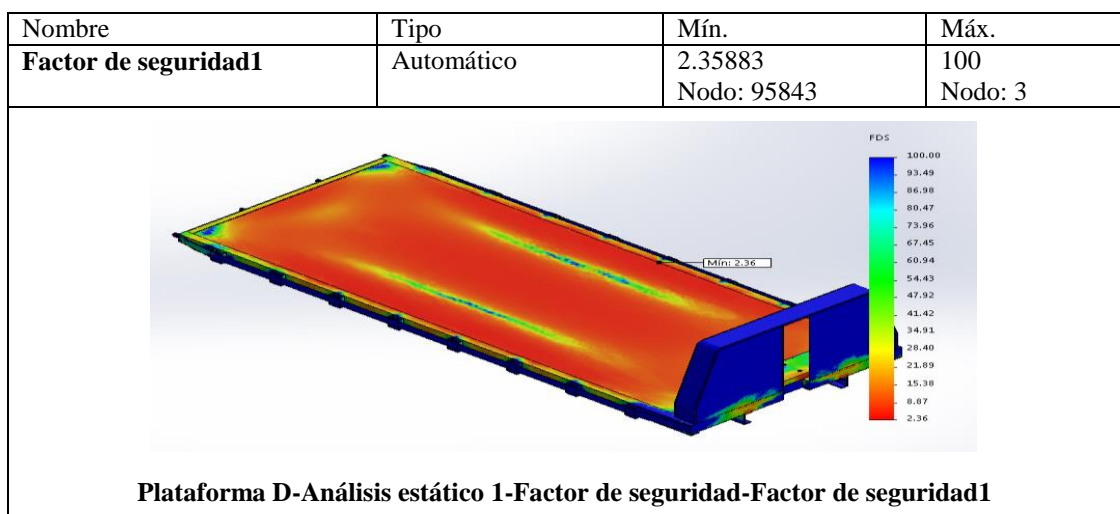
La deformación máxima de la plataforma (figura 3.18), que presenta la parte estructural bajo las cargas de funcionamiento, se localiza en el área central de la plataforma, con un valor máximo de 24.34 mm, en el nodo 258267, por lo que esta deformación se encuentra dentro de los rangos permitidos en el diseño y construcción en este tipo de estructura.



**Figura: 3.18.** Analisis estático del desplazamiento de la plataforma

**FACTOR DE SEGURIDAD:**

En el análisis del factor de seguridad mínimo en la plataforma (figura 3.19) resultó sobre un valor de 2.36, en la zona de apoyo de la plataforma en el bastidor ya que esta es la zona más crítica, la cual está sometida a cargas dinámicas donde se puede determinar que el valor resultante se encuentra en el rango permitido de diseño de elementos estructurales.



**Figura: 3.19.**factor de seguridad plataforma

### 3.8. Diseño de las rampas

Cada rampa debe capaz de soportar la mitad del peso máximo del prototipo FSAE:

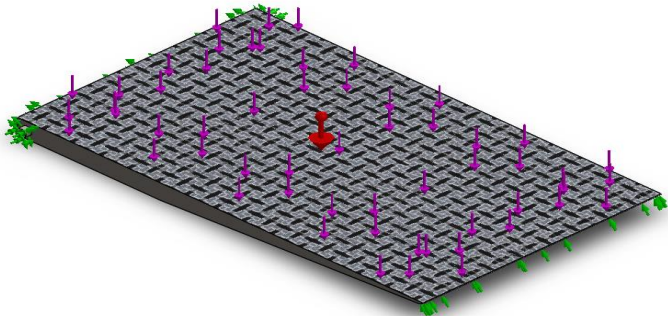
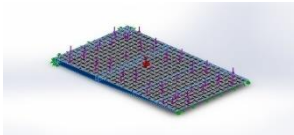
10) Mitad del peso máximo del prototipo FSAE:

$$\frac{W_V}{2} = 2500 \text{ N}$$

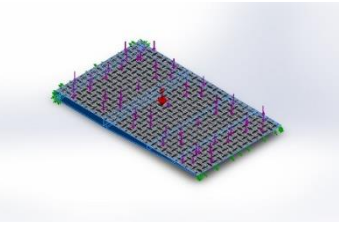
Las rampas se fabricaran utilizando diferentes tipos de perfiles estructurales de acero ASTM A36.

#### 3.8.1. Información del diseño de rampas

El análisis de esfuerzos en las rampas (figura 3.20) se realiza con ayuda del software SolidWorksSimulation donde se observa las características del material de construcción utilizado para las rampas de la plataforma.

 <p><b>Nombre del modelo: Rampa D</b> <b>Configuración actual: Predeterminado</b></p>			
<b>Sólidos</b>			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
<b>Cortar-Extruir1</b> 	<b>Sólido</b>	Masa: 16.2024 kg Volumen: 0.002064 m <sup>3</sup> Densidad: 7850 kg/m <sup>3</sup> Peso: 158.784 N	F:\Plataforma\Plataforma SolidWorks\Diseno Plataforma\Rampa D.SLDPRT <b>Mar 24 12:37:42 2015</b>

CONTINÚA →

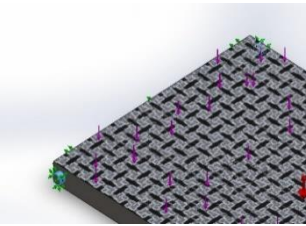
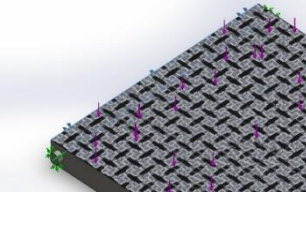
Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: <b>ASTM A36 Acero</b> Tipo de modelo: <b>Isotrópicoelástico lineal</b> Criterio de error predeterminado: <b>Desconocido</b> Límiteelástico: <b>2.5e+008 N/m<sup>2</sup></b> Límite de tracción: <b>4e+008 N/m<sup>2</sup></b> Móduloelástico: <b>2e+011 N/m<sup>2</sup></b> Coeficiente de Poisson: <b>0.26</b> Densidad: <b>7850 kg/m<sup>3</sup></b> Módulocortante: <b>7.93e+010 N/m<sup>2</sup></b>	<b>Sólido 1(Cortar-Extruir1)(Rampa D)</b>

**Figura: 3.20. Información del diseño de rampas**

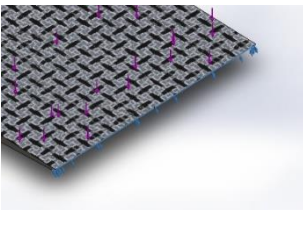
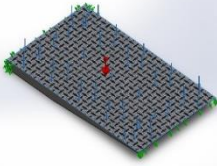
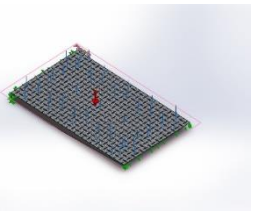
### 3.8.2. Cargas y sujeciones en las rampas

En la figura 3.21 están representadas las cargas vivas, reacciones de los apoyos y el empuje en las rampas.

+

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción			
<b>Bisagra fija-1</b>		<b>Entidades:</b>	<b>2 cara(s)</b>		
		<b>Tipo:</b>	<b>Bisagrafija</b>		
Fuerzas resultantes					
Componentes	X	Y	Z	Resultante	
Fuerza de reacción(N)	<b>7340.55</b>	<b>1726.64</b>	<b>0.27902</b>	<b>7540.89</b>	
Momento de reacción(N.m)	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
<b>Rodillo/Control deslizante-1</b>		<b>Entidades:</b>	<b>1 cara(s)</b>		
		<b>Tipo:</b>	<b>Rodillo/Control deslizante</b>		
Fuerzas resultantes					
Componentes	X	Y	Z	Resultante	

CONTINÚA →

Fuerza de reacción(N)	<b>-6878.01</b>	<b>-0.803918</b>	<b>-3.13617</b>	<b>6878.02</b>
Momento de reacción(N.m)	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Rodillo/Control deslizante-2</b>				<b>Entidades: 1 cara(s)</b> <b>Tipo: Rodillo/Control deslizante</b>
<b>Fuerzas resultantes</b>				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	<b>-463.916</b>	<b>932.934</b>	<b>-4.03677</b>	<b>1041.92</b>
Momento de reacción(N.m)	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga		
<b>Wv/2</b>		<b>Entidades: 1 cara(s)</b> <b>Tipo: Aplicarfuerza normal</b> <b>Valor: 2500 N</b> <b>Ángulo de fase: 0</b> <b>Unidades: Deg</b>		
<b>Gravedad-1</b>		<b>Referencia: Planta</b> <b>Valores: 0 0 -9.81</b> <b>Unidades: SI</b>		

**Figura: 3.21. Cargas y sujeciones de las rampas**

### 3.8.3. Resultados de esfuerzos en las rampas

Observamos las fuerzas de reacción que actúan en las rampas (tabla 3.4).

**Tabla 3.4.**

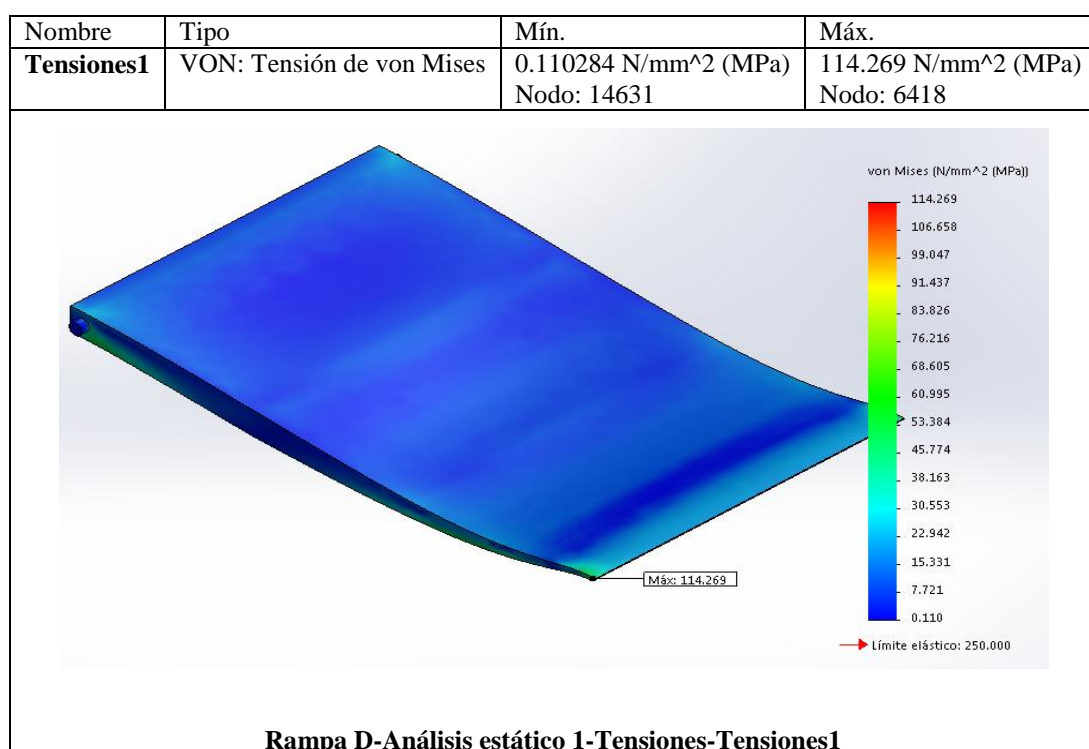
#### Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N	-1.32971	2658.74	-6.89413	2658.75



## TENSIÓN DE VON MISES

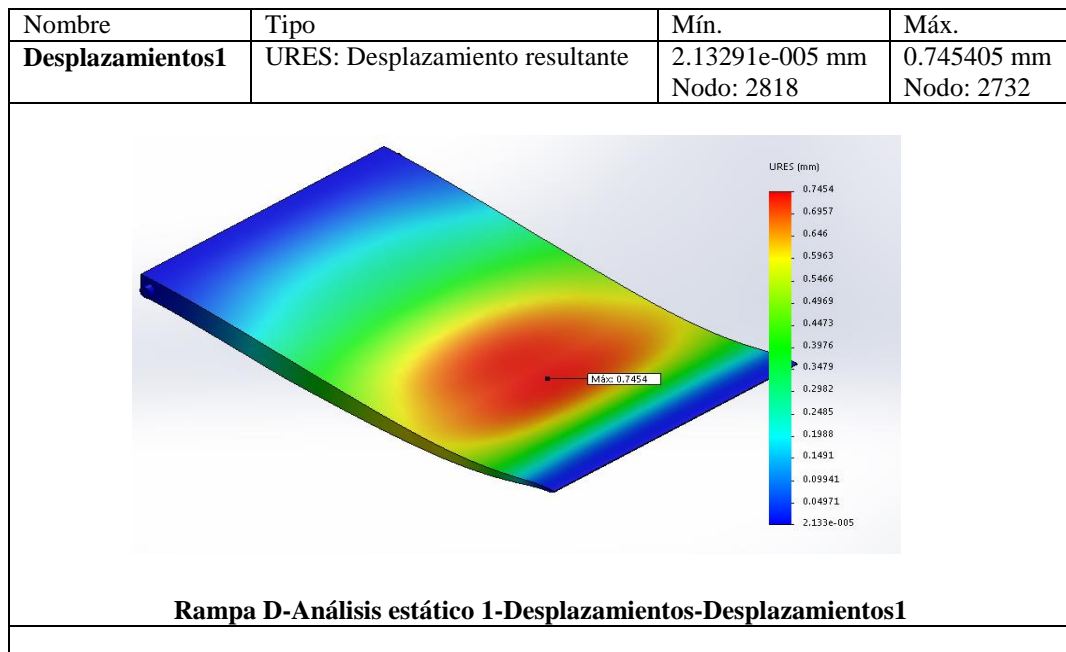
El análisis de tensiones de Von Mises de las rampas (Figura 3.22) nos dio como resultado que las áreas de mayor tensión se localizan en la parte más delgada de la rampa, con un valor 114.26 MPa en el nodo: 6418 y el área de menor tensión se localiza en la parte superior a pesar de esto el material se encuentra dentro del límite elástico que es 250 MPa.



**Figura: 3.22. Analisis Von Mises de las rampas**

## DESPLAZAMIENTO:

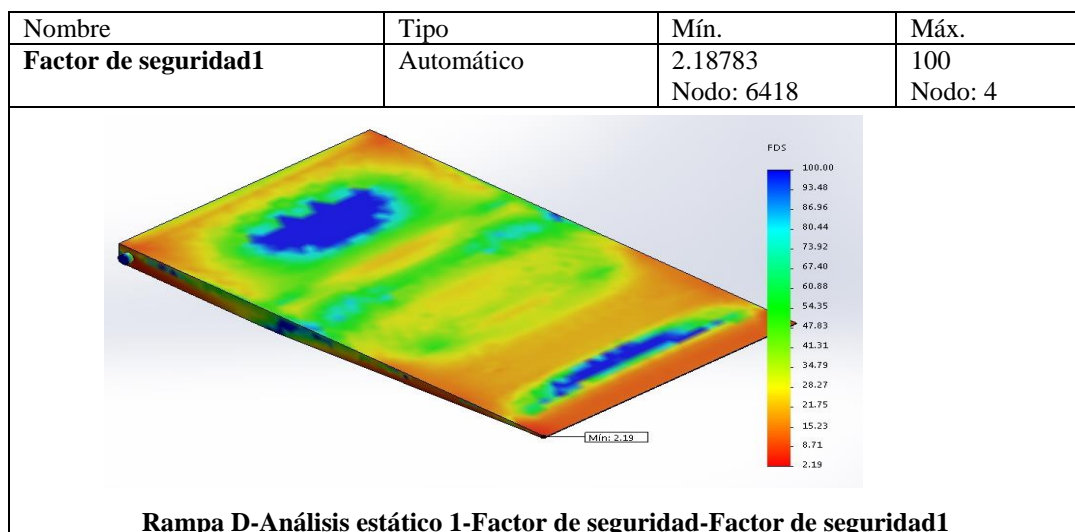
El desplazamiento o deformación máxima de las rampas (figura 3.23), que presenta el miembro estructural bajo las cargas de funcionamiento, se localiza en el área ubicada, en el centro de la rampa con un valor máximo de 0.74 mm, en el nodo 2732, por lo que esta deformación se encuentra dentro de los rangos permitidos en el diseño y construcción en este tipo de estructura.



**Figura: 3.23. D-Análisis estático 1-Desplazamientos.**

#### **FACTOR DE SEGURIDAD:**

El factor de seguridad mínimo en las rampas (figura 3.24) nos resultó sobre un valor de 2.19, en la zona más delgada de las rampas la cual es la zona más crítica, que está sometida a cargas dinámicas donde se puede determinar que el valor resultante se encuentra en el rango permitido de diseño de elementos estructurales.



**Figura: 3.24. Factor de seguridad en las rampas.**

### 3.9. Diseño del mecanismo de arrastre del vehículo

Con el objetivo de arrastrar el vehículo FSAE sobre la plataforma se utilizará un mecanismo mediante cables de acero y poleas.

La tensión que debe soportar el cable es superior a la fuerza de fricción entre los neumáticos del vehículo FSAE y el suelo:

$$F_{f2} = 4000 \text{ N}$$

Considerando que para subir el vehículo FSAE por completo en la plataforma, éste debe recorrer una distancia total 4500 mm en 15 segundos, la velocidad de arrastre de vehículo viene dado por:

$$V_{arrast} = \frac{L}{t}$$
$$V_{arrast} = \frac{4,5 \text{ m}}{15 \text{ s}} = 0.3 \text{ m/s}$$

### 3.10. Dimensionamiento del cilindro hidráulico 1

Para una presión de servicio en el circuito hidráulico de 100 bares (10 MPa), el diámetro requerido en el pistón viene dado por:

$$A_1 = \frac{F_{cil1}}{P}$$

$$A_1 = \frac{5375 \text{ N}}{10 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2}$$

$$A_1 = 537,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 = 537,5 \text{ mm}^2$$

Debido a que el cilindro hidráulico debe trabajar tanto en la carrera de salida como en la de retorno, si se considera un diámetro del vástago de 30 mm, se tiene:

$$A_1 = \frac{\pi}{4} \cdot (D_1^2 - d_1^2)$$

$$D_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot A_1}{\pi} + d_1^2} = \sqrt{\frac{4 \cdot 537,5 \text{ mm}^2}{\pi} + 30^2 \text{ mm}^2}$$

$$D_1 = 39,8 \text{ mm} \approx 40 \text{ mm}$$

Tomando en cuenta que el tiempo máximo en el que el cilindro hidráulico 1 debe realizar la carrera de avance o de retroceso es de 20 segundos y el recorrido total del vástago es de 2800 mm, la velocidad de avance es:

$$V_{vast1} = \frac{L}{t}$$

$$V_{vast1} = \frac{2,8 \text{ m}}{10 \text{ s}} = 0,28 \text{ m/s}$$

Por lo tanto, el caudal  $Q_1$  de aceite requerido en el cilindro hidráulico 1 es:

$$Q_1 = V_{vast1} \cdot A_1$$

$$Q_1 = 0,28 \text{ m/s} \cdot 537,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$Q_1 = 150,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} = 9,0 \text{ lt/min}$$

### 3.11. Dimensionamiento del cilindro hidráulico 2

De forma semejante al cilindro hidráulico 1, el diámetro requerido en el pistón 2 viene dado por:

$$A_2 = \frac{F_{cil2}}{P}$$

$$A_2 = \frac{2543,7 \text{ N}}{10 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2}$$

$$A_2 = 254,4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 = 254,4 \text{ mm}^2$$

Si se considera un diámetro del vástago de 40 mm, se tiene:

$$A_2 = \frac{\pi}{4} \cdot (D_2^2 - d_2^2)$$

$$D_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot A_2}{\pi} + d_2^2} = \sqrt{\frac{4 \cdot 254,4 \text{ mm}^2}{\pi} + 40^2 \text{ mm}^2}$$

$$D_2 = 43,86 \text{ mm} \approx 45 \text{ mm}$$

Tomando en cuenta que el tiempo máximo en el que el cilindro hidráulico 2 debe realizar la carrera de elevación de la plataforma es de 5 segundos y el recorrido total del vástago es de 500 mm, la velocidad de avance es:

$$V_{vast2} = \frac{L}{t}$$

$$V_{vast2} = \frac{0,50 \text{ m}}{5 \text{ s}} = 0,10 \text{ m/s}$$

Por lo tanto, el caudal  $Q_2$  de aceite hidráulico requerido en el cilindro 2 es:

$$Q_2 = V_{vast2} \cdot A_2$$

$$Q_2 = 0,10 \text{ m/s} \cdot 254,4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$Q_2 = 25,44 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} = 1,5 \text{ lt/min}$$

### 3.12. Cálculo de la potencia del motor

La potencia mínima requerida en el motor que acciona la bomba hidráulica que alimenta a los cilindros hidráulicos y el motor hidráulico para el arrastre del vehículo FSAE, se calcula mediante la suma de las potencias parciales requerida para generar cada uno de los movimientos del sistema de elevación.

La potencia requerida para generar el movimiento de avance de la plataforma viene dado por:

$$\begin{aligned}Pot_1 &= F_{cil1} \cdot V_{vast1} \\Pot_1 &= 5375 \text{ N} \cdot 0.28 \text{ m/s} \\Pot_1 &= 1505 \text{ W}\end{aligned}$$

La potencia requerida para generar el movimiento de elevación de la plataforma se obtiene a partir de:

$$\begin{aligned}Pot_2 &= F_{cil2} \cdot V_{vast2} \\Pot_2 &= 2543,7 \text{ N} \cdot 0.10 \text{ m/s} \\Pot_2 &= 254,4 \text{ W}\end{aligned}$$

De forma semejante, la potencia requerida para arrastrar el vehículo FSAE sobre la plataforma viene dado por:

$$\begin{aligned}Pot_3 &= F_{f2} \cdot V_{arrast} \\Pot_3 &= 4000 \text{ N} \cdot 0.3 \text{ m/s} \\Pot_3 &= 1200 \text{ W}\end{aligned}$$

La potencia total requerida para generar los diferentes movimientos del sistema de elevación es:

$$\begin{aligned}Pot_T &= Pot_1 + Pot_2 + Pot_3 \\Pot_T &= 1505 \text{ W} + 254,4 \text{ W} + 1200 \text{ W}\end{aligned}$$

$$Pot_T = 2959,4 W = 4,0 hp$$

Considerando una eficiencia en el sistema de elevación del 60% con el objeto contemplar situaciones particulares adversas, así como los diferentes tipos de pérdidas en el sistema, se determina que la potencia efectiva requerida en el motor es:

$$Pot_M = \frac{Pot_T}{\eta_M}$$

$$Pot_M = \frac{4,0 hp}{0,6}$$

$$Pot_M = 6,7 hp$$

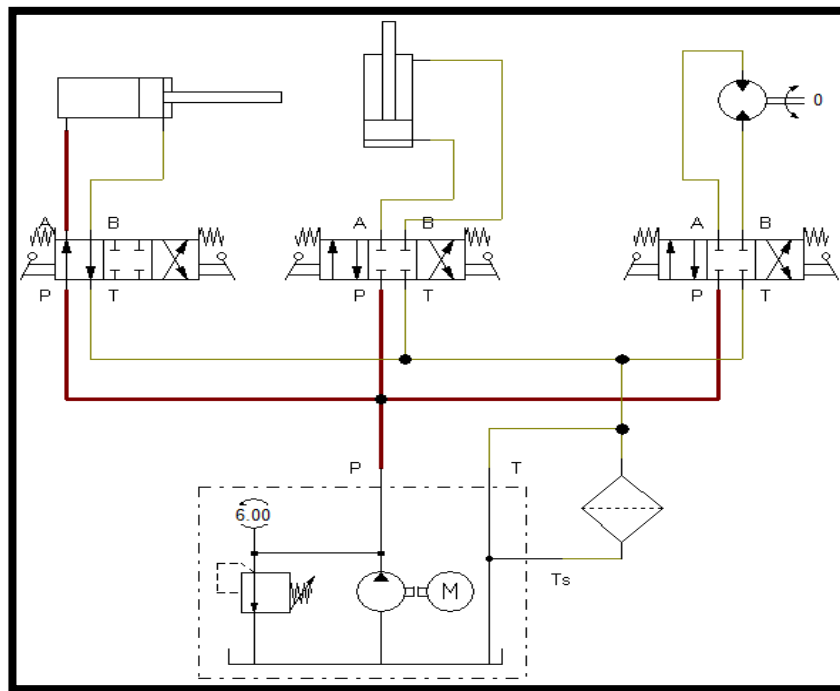
### 3.13. Diseño y simulación del circuito hidráulico

Para el diseño del circuito hidráulico se toma en cuenta los requerimientos funcionales del sistema de elevación de forma que garantice una operación segura de la máquina y cumpla con las siguientes funciones:

- 11) Accionamiento del sistema hidráulico para el avance y elevación de la plataforma y para el arrastre de vehículo FSAE mediante una válvula distribuidora con accionamiento manual por palanca.
- 12) Bloqueo del sistema hidráulico en la posición deseada cuando se deja de presionar la palanca de accionamiento.

Para simular y comprobar el adecuado funcionamiento del circuito hidráulico se utilizó el software de FESTO FluidSim.

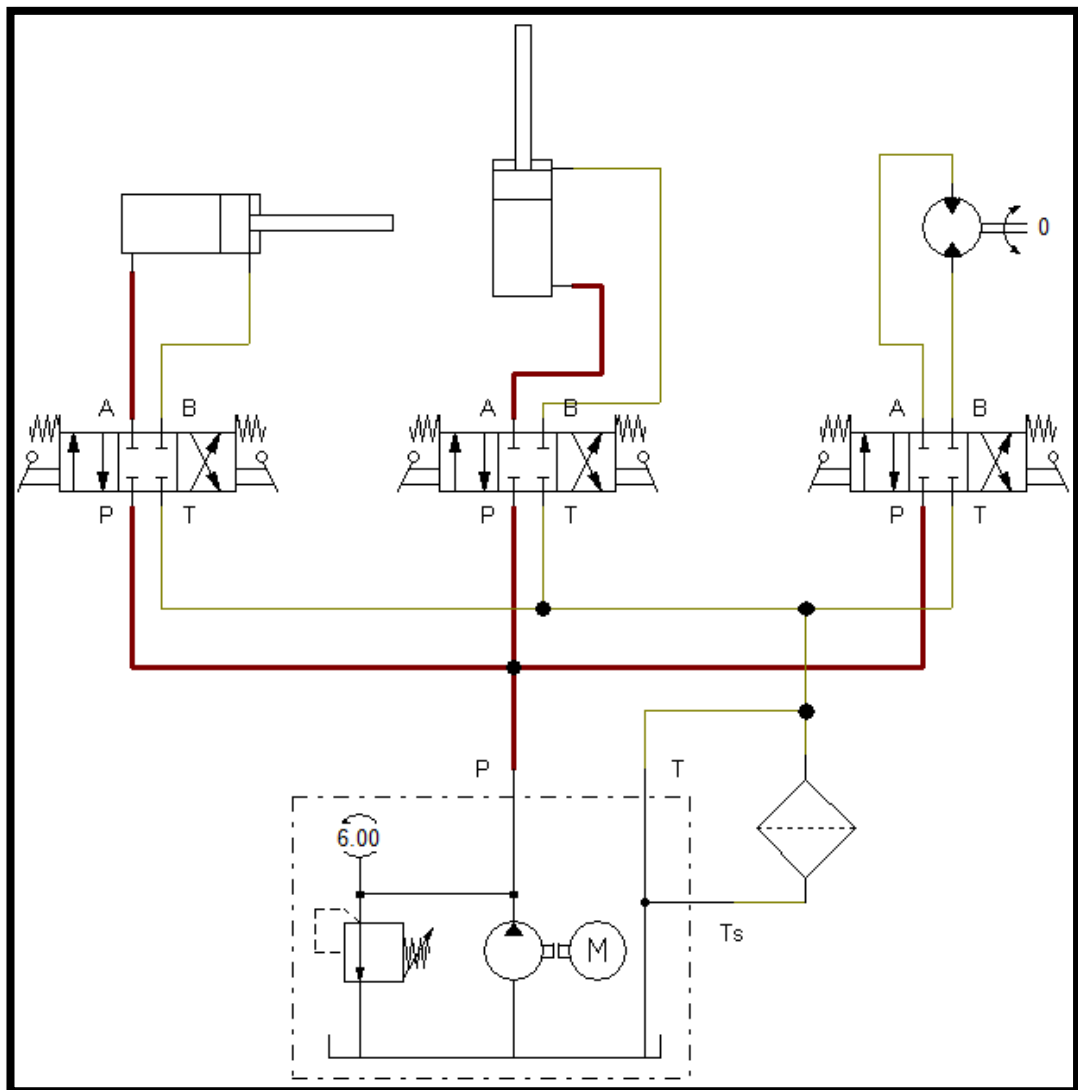
Se observó en la (figura 3.25) el funcionamiento del circuito hidráulico cuando se activa el avance del cilindro horizontal 1.



**Figura: 3. 25. Funcionamiento del circuito cuando se activa la palanca para avance del cilindro hidráulico 1**

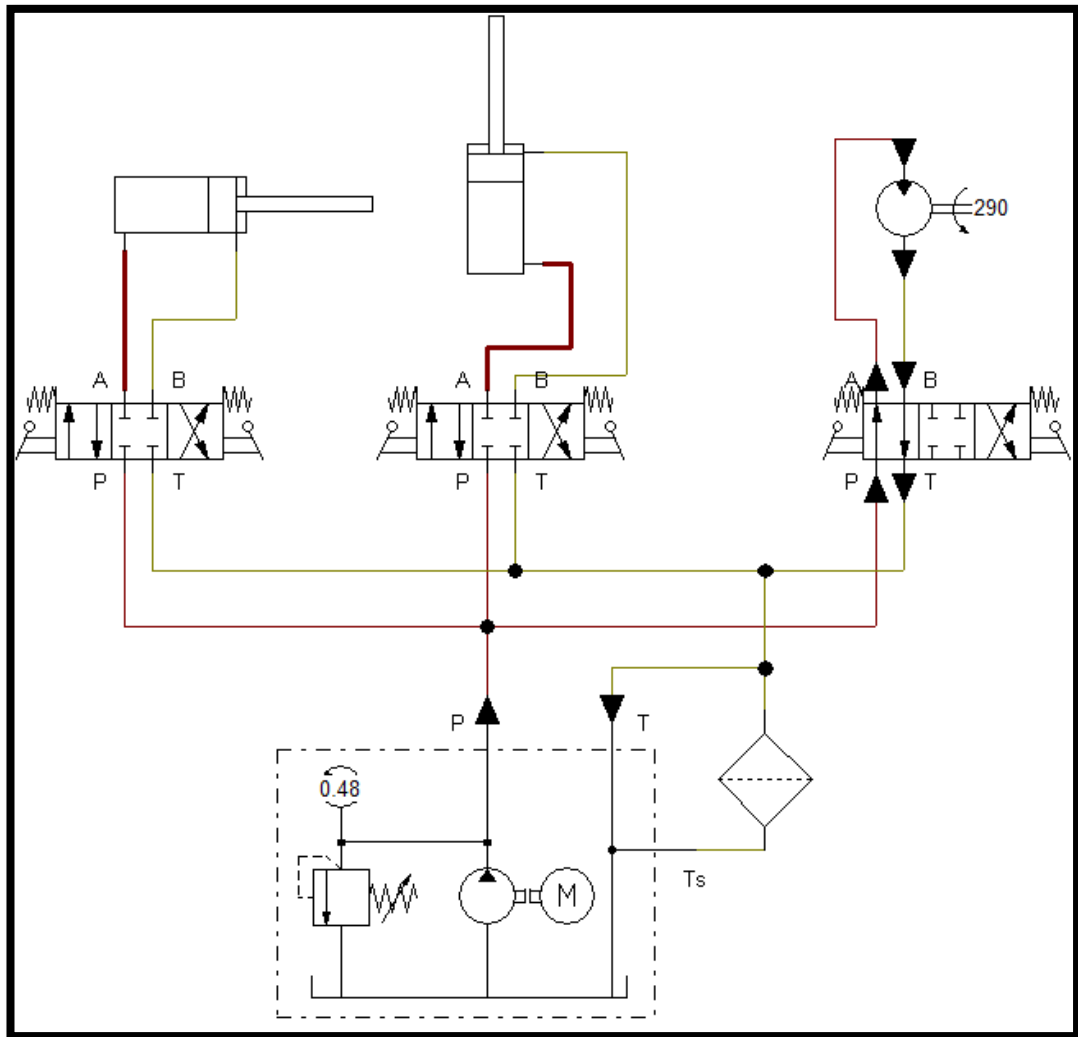
En la siguiente figura 3.26. Se observa el funcionamiento del circuito hidráulico cuando se activa el avance del cilindro vertical2.





**Figura: 3. 26. Funcionamiento del circuito cuando se activa la palanca para elevación del cilindro hidráulico 2**

En la siguiente figura 3.2 se simula el funcionamiento del motor hidráulico cuando se activa el carrete para el arrastre del prototipo FESPE.



**Figura: 3. 27.** Funcionamiento del motor hidráulico de arrastre.

## CAPÍTULO IV

En el presente capítulo se procede a describir el procedimiento constructivo para la implementación del sistema hidráulico en una mini plataforma auto-cargable, tomando en consideración los parámetros de diseño definidos anteriormente.

### 4. CONSTRUCCIÓN

#### 4.1. Procesos de construcción

Proceso de construcción, es el conjunto de operaciones necesarias para modular las materias primas con el fin de obtener un producto elaborado o terminado.

##### 4.1.1. Mano de obra

Para desarrollar el presente proyecto se hace necesario el contar con un equipo capacitado de operarios, en las áreas involucradas en el proceso de construcción, bajo la supervisión de los ingenieros de campo, como se describe a continuación.

- Operarios: Andrés Erazo, Paul Lisintuña

Mecánico.

Soldador.

Pintor.

Tornero.

Ensamblador Hidráulico

- Supervisor, Ingenieros Oscar Arteaga, Héctor Terán

El proyecto debe realizarse en un taller que brinde todas las facilidades en cuanto a herramientas y maquinaria. Este debe tener su infraestructura con capacidad para prototipos FESPE, para realizar operaciones de ensamble individuales o en equipo.

#### **4.1.2. Maquinaria**

- Trazadora de perfiles.
- Soldadora MIG 300A 220V
- Torno de Precisión.
- Taladro de pedestal.
- Prensa Hidráulica.
- Compresor de 5Hp.
- Mesa de Trabajo
- Plasma

#### **4.1.3. Herramientas**

- Juego de llaves.
- Juego de desarmadores.
- Soplete y pistola.
- Esmeril.
- Taladro.

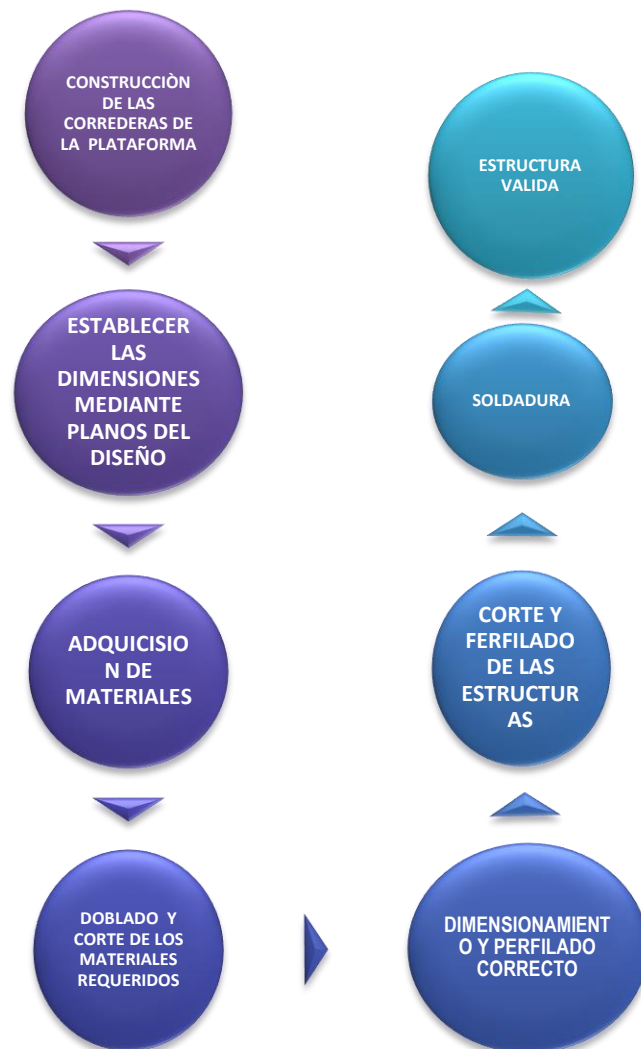
#### **4.1.4. Instrumentos de medición**

- Flexómetro.
- Calibrador –pie de rey
- Escuadra fija y móvil.

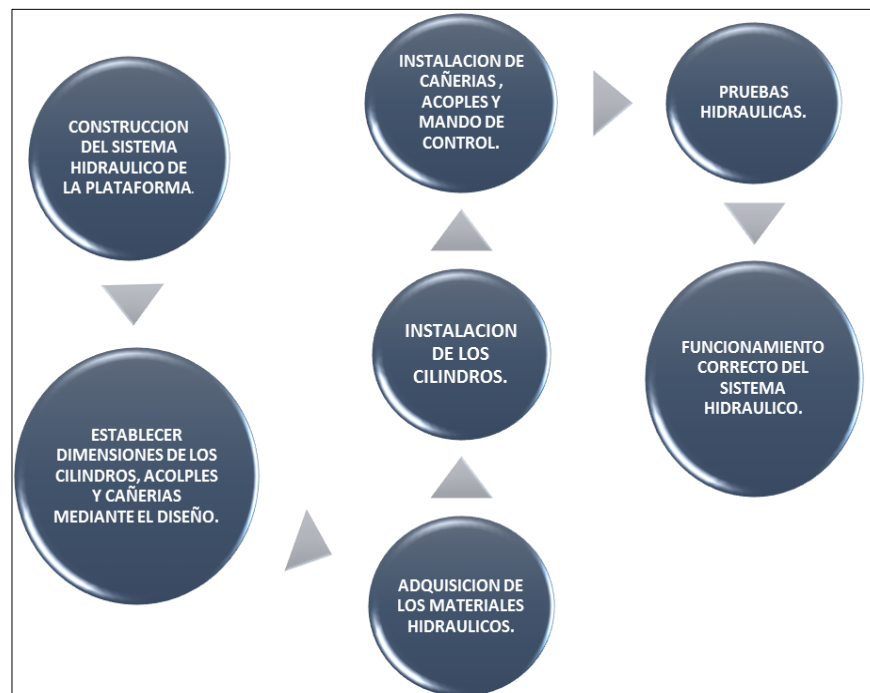
#### **4.1.5. Diagramas de procesos del elevador de la mini-plataforma**

Como toda construcción debe ser planificada como en este proyecto se implementó un diagrama de procesos (figura 4.1) para que así el material a utilizar y todos los elementos seleccionados que entren al taller estén predestinados en la

construcción del elevador de la plataforma auto-cargable, (figura 4.2) con un avance y desarrollo unidireccional, procurando tener el mínimo desperdicio de estos.



**Figura: 4. 1** Proceso de construcción de las correderas de la plataforma parte mecánica.



**Figura: 4. 2 Proceso de construcción de la plataforma parte hidráulica.**

#### 4.1.6. Adquisición de los materiales

Luego de haber realizado el diseño y determinado la geometría de los perfiles de las correderas de la plataforma en base a los estudios realizados se establece las medidas para la construcción. Para ello se procede a obtener los recursos necesarios para la ejecución del proyecto tomando en cuenta la calidad y seguridad de los elementos que forman parte de la plataforma auto-cargable (figura 4.3).



**Figura: 4. 3 Proceso de construcción de la plataforma parte hidráulica.**

#### 4.1.7. Doblado y corte del acero estructural

El doblado y corte de los materiales se realiza con la ayuda de un cortador de plasma, para esta aplicación se utiliza una llama oxidante, la cual utiliza mayor cantidad de oxígeno, que nos permite calentar la pieza y luego doblarla (figura 4.4).



**Figura: 4. 4** Doblado y corte del acero estructural.

En la siguiente (figura 4.5) se observa el ensamble de las correderas para la mini plataforma con su respectivo dimensionamiento.



**Figura: 4. 5** Ensamble de las correderas.

Como los materiales son de gran espesor se utiliza herramienta especializadas como cortadoras industriales. El corte de los perfiles se realiza dependiendo de la estructura que se va a unir y de la geometría que se quiere conseguir, por eso se tiene muy en cuenta las diferentes formas estructurales como se ve en la (figura 4.6).



**Figura: 4. 6** Estructura de las correderas.

#### **4.1.8. Dimensionamiento y perfilado correcto**

El proceso de construcción de la estructura continua con la marcación o rayado en los perfiles seleccionados que requieren modificarse dimensionalmente (figura 4.7), este proceso se realiza considerando las dimensiones y las cuales están en los planos generados, además un punto muy importante es tener en cuenta el espacio que queda al utilizar las herramientas como cierras o en otras ocasiones el cortador de plasma de tal forma que al cortar los perfiles, estos tengan las mismas medidas que en los planos.





**Figura: 4. 7** Dimensionamiento de la mini Plataforma.

Las medidas se las toma mediante un flexómetro, y el marcado de los perfiles se lo realiza con un rayador o tiza (figura 4.8).



**Figura: 4. 8** Estructura de la plataforma.

#### 4.1.9. Corte y perfilado de la estructura

Debido a que los materiales son de gran espesor se utiliza herramienta especializada como cortador de plasma y la utilización de cortadoras industriales. El corte de los perfiles se realiza dependiendo de los perfiles que se va a unir y de la geometría que se quiere conseguir (figura 4.9), por eso se tiene muy en cuenta las diferentes formas la estructura.



**Figura: 4. 9 Perfilado de la estructura.**

#### 4.1.10. Soldadura

La soldadura como procedimiento de construcción de estructuras y piezas de máquina tiene especial importancia dado que permite obtener elementos livianos resistentes, económicos y seguros. Pero ello es solamente posible si el diseño y construcción de la plataforma son realizados con procedimientos propios de soldadura, aplicando procedimientos técnicos de ingeniería.

Para lograrlo el técnico soldador debe conocer procesos y conocimientos requeridos para lograr un cordón de calidad, la plataforma es fabricada en su totalidad por soldadura SMAW124 y suelda MIG125 (figura 4.10).



**Figura: 4.10** Suelda perfiles de la mini plataforma.

**a) PLANCHA PARA KING PIN**

Se procede a instalar la plancha del king pin y soldarla en la parte delantera de la plataforma (figura 4.11).



**Figura: 4. 11** Instalación del King Pin.

**b) BARRAS DE APOYO**

De igual manera se instala las barras de apoyo y se procede con la soldadura (figura 4.12).



**Figura: 4.12 Barras de apoyo dela mini plataforma.**

**c) RANFLAS**

Continuando con el proceso de construcción se instala las barras de apoyo y se procede con la soldadura (figura 4.13).



**Figura: 4. 13 Rampas.**

#### 4.1.11. Estructura valida

Realizado los diferentes procesos para la construcción de la mini-plataforma se observa la culminación de la misma (figura 4.14).



**Figura: 4. 14** Plataforma valida.

#### 4.2. Selección de componentes hidráulicos

##### 4.2.1. Selección de los cilindros hidráulicos

El proceso de selección de los cilindros hidráulicos se debe realizar mediante la carga máxima y distancia de desplazamiento de los cilindros requeridos para el levantamiento del formula FESPE, este proceso se lo realiza considerando las dimensiones y las cargas las cuales están dimensionadas en el programa CAD (figura 4.15).



**Figura: 4. 15.** Cilindros hidráulicos.

**Fuente:** [www.hidraulica.com](http://www.hidraulica.com)

#### 4.2.2. Selección del grúa arrastre o carrete (winche)

El proceso de selección del carrete debe realizarlo mediante la carga de arrastre necesaria según el peso del prototipo FESPE (figura 4.16).



**Figura: 4. 16 Carrete hidráulico.**

#### 4.2.3. Selección de cañerías, acoples y mando de control

El proceso de selección de estos materiales hidráulicos son muy importante ya que se necesita varios parámetros tales como la presión generada por el fluido hidráulico para que no exista fugas en el sistema, el mando de control es seleccionado según el requerimiento del sistema diseñado el cual es necesario de 3 mandos para accionar los cilindros y el winche (figura 4.17).



**Figura: 4.17. Acoples y mangueras hidráulicas.**

**Fuente: [www.hidraulica.com](http://www.hidraulica.com)**

#### 4.2.4. Instalación del conjunto hidráulico

Ya con la estructura definida se procede a la instalación de los componentes hidráulicos tales como los cilindros, cañerías con sus respectivos acoples y el control de mando (figura 4.18).



**Figura: 4.18 Sistema hidráulico de la mini plataforma.**

#### 4.2.5. Funcionamiento del sistema hidráulico

En este proceso se realiza las respectivas pruebas hidráulicas como son presiones y fugas en el sistema (figura 4.19).



**Figura: 4. 19 Desplazamiento mini Plataforma.**

Antes de proceder a montar en el mini cabezal se realiza la lubricación de los elementos móviles en la mini plataforma (figura 4.20).



**Figura: 4.20 Plataforma completa.**

Realizado el ensamblaje se pudo observar (figura 4.21) la mini –plataforma ya terminada.



**Figura: 4.21 Exposición Plataforma.**



## CAPÍTULO V

### 5. PROTOCOLO DE PRUEBAS

Es importante que el prototipo garantice las especificaciones técnicas solicitadas, por lo que es fundamental someter al sistema a pruebas de campo, con la finalidad de verificar los parámetros estructurales y funcionales del prototipo, que cumpla satisfactoriamente.

#### 5.1. Verificación de los componentes hidráulicos

En el sistema hidráulica, se verifica visualmente el estado de los componentes, para determinar el óptimo funcionamiento de los sistemas móviles. Para reconocer las condiciones de funcionamiento del sistema hidráulico, se deben realizar las mediciones de la presión, flujo y empuje en cada elemento con la ayuda de la documentación técnica de cada elemento normalizado.

En la tabla (5.1) se muestra el modelo que debe realizarse, para chequeo de los elementos normalizados.

**Tabla 5. 1.**

<b>Pruebas para el control de sistema Hidráulico</b>			
<b>Elementos</b>	<b>Pruebas</b>	<b>Bueno</b>	<b>Malo</b>
<b>Bomba</b>	Presión, Flujo.		
<b>Cilindro hidráulico vertical 1</b>	Empuje		
<b>Cilindro horizontal 2</b>	Empuje		
<b>Tanque del depósito de aceite.</b>	Fugas y nivel		
<b>Válvulas de controles.</b>	Pruebas		
<b>Unión Mangueras.</b>	Presión, Flujo.		
<b>Elementos</b>	Empuje		

## 5.2. Pruebas de campo

Las pruebas de funcionamiento permitirán conocer si es que la plataforma auto-cargable tipo cama baja logra elevarse, para ello se ha realizado dos pruebas de funcionamiento, una sin carga y la otra con carga.

**Tabla 5. 2.**

### Pruebas plataforma sin carga.

<b>SIN CARGA</b>	
<b>Peso de la plataforma Auto-cargable.</b>	1245.27 Kg.
<b>Peso máximo a cargar.</b>	500Kg.
<b>Tiempo de ascenso.</b>	33.2 seg.
<b>Tiempo de descenso.</b>	24.3 seg.
<b>Funcionamiento del sistema hidráulico (%).</b>	100%
<b>Funcionamiento del sistema mecánico (%).</b>	100%
<b>Funcionamiento del sistema eléctrico (%).</b>	100%
<b>Funcionamiento del sistema de seguridad (%).</b>	100%
<b>Fiabilidad total del elevador (%).</b>	100%

Con esta prueba se logra concluir que la mini- plataforma auto- cargable con sistema hidráulico es muy eficiente en su ascenso y descenso con los tiempos obtenidos como se menciona en la tabla 5.2.



**Figura: 5. 1** Pruebas plataforma sin carga.

Tabla 5. 3.

## Pruebas plataforma con carga.

CON CARGA	
Peso de la plataforma Autocargable.	1245.27 Kg.
Peso máximo a cargar.	500Kg.
Marca del vehículo.	Prototipo
Clase del vehículo.	Fórmula 1.
Peso del vehículo	350 kg.
Color.	Blanco
Placa.	ESPE
Año de fabricación.	2014
Tiempo promedio de ascenso.	33.4seg.
Tiempo en estado de carga.	2 horas
Estabilidad de la estructura	Normal
Tiempo promedio de descenso.	22.3seg.
Funcionamiento del sistema hidráulico.	100%
Funcionamiento del sistema mecánico (%).	100%
Funcionamiento del sistema eléctrico (%).	100%
Funcionamiento del sistema de seguridad (%).	100%
Fiabilidad total del elevador (%).	100%

- Llegando a la conclusión de que con la mini plataforma Auto-cargable con sistema hidráulico optimiza el tiempo en el transbordo del prototipo FESPE a los lugares requeridos (tabla 5.2).
- La mini plataforma Auto-cargable con sistema hidráulico para deslizar el prototipo FESPE, es el sistema más apropiado; debido que cumple con los objetivos planteados (figura 5.2).



Figura: 5. 2 Prueba plataforma con carga.

### 5.3. Manual de operación para el usuario

La secuencia de operaciones involucradas en el proceso de elevación para vehículos es la siguiente (tabla 5.4).

**Tabla 5. 4.**  
**Manual de operación.**

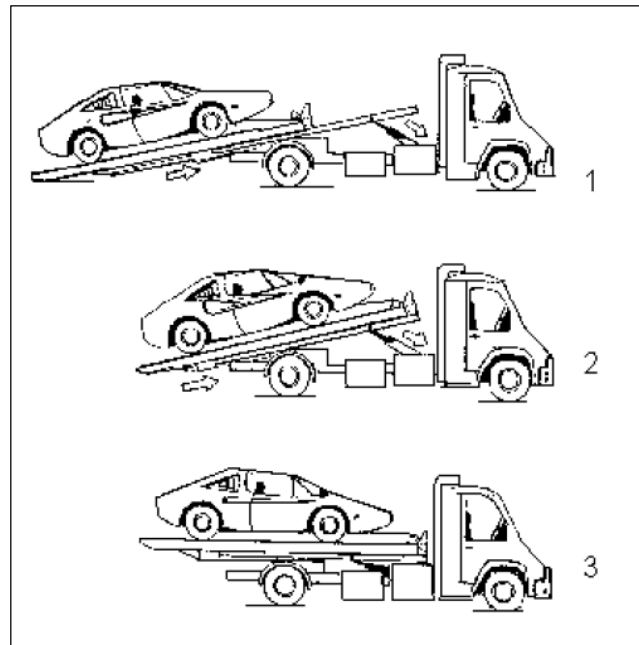
PASOS	PROCESOS
1	Remolcar la plataforma auto cargable al tracto camión, tomando en cuenta el piso totalmente plano y consistente para el peso del vehículo.
2	Conectar la plataforma auto-cargable a la fuente de energía hidráulica median los acoples.
3	Verificar el nivel del fluido hidráulico para su correcto funcionamiento.
4	El peso máximo a elevarse es de 0.5 toneladas.
5	Ubicar el vehículo de forma correcta para proceder a cárgalo sobre la plataforma mediante el carrete o winche.
6	Fijar y asegurar el formula 1 en la plataforma median correas de sujeción.
7	Para dar inicio a la carrera de elevación de la plataforma se debe mantener presionado los mandos de control de los cilindros respectivos según la necesidad, con lo cual automáticamente se da inicio a la elevación de la misma.
8	Para establecer un punto final en la carrera de elevación, se deberá dejar de presionar la palanca de accionamiento y observar los puntos de anclaje.
9	Para dar inicio a la carrera de descenso, luego de llegar al destino deseado con el prototipo se procede a accionar el mando de control de los cilindros para el descenso de la plataforma con el prototipo.
10	Cuando la plataforma este en el piso plano se procede a desembarcar el prototipo

Con el manual de procesos logramos un trabajo eficiente para embarcar el prototipo FESPE en la mini plataforma auto-cargable (figura 5.3).



**Figura: 5. 3** Transportación del Prototipo

En la (figura 5.4) observamos los pasos que se deben realizar para embarcar el Formula FESPE.



**Figura: 5. 4. Funcionamiento del auto-cargable**

**Fuente: [www.hidraulica.com](http://www.hidraulica.com)**

## CAPÍTULO VI

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1. Conclusiones

- Se determinó que la pendiente óptima para embarcar el prototipo FESPE es de  $15^\circ$  con respecto al suelo con ayuda de las rampas.
- En el desarrollo de las pruebas de campo en la carga del vehículo FESPE se obtuvo un tiempo de 33.4 seg, así se logró minimizar el tiempo que se lo realizaba en forma mecánica.
- Con los datos obtenidos de los factores de seguridad en el diseño de la mini-plataforma se determina mediante los resultados que el rango de diseño estructurales es de 2 a 2.5, por lo cual la estructura no va a sufrir deformaciones.
- Realizada las pruebas de campo en la mini plataforma auto cargable, se determinó que es apta para la cargar y descargar de forma más eficiente el vehículo prototipo FESPE.
- Con el estudio realizado de auto-cargables en este proyecto, servirá de gran ayuda a los estudiantes del FORMULA FESPE ya que les permitirá tener una mayor eficiencia y menor esfuerzo en el traslado del prototipo.

## 6.2. Recomendaciones

- Implementar una toma fuerza en la caja de cambios para instalar una fuente de poder hidráulica en el mini cabezal para obtener autonomía en el funcionamiento de la mini plataforma auto-cargable.
- Es necesario implementar un sistema de frenos en las ruedas de la mini plataforma ya que con ello lograremos una mejor eficiencia en el frenado y con esto la seguridad en el transporte del conductor y el prototipo FESPE.
- Implementar una instalación eléctrica para el funcionamiento de las luces guías de la mini plataforma con esto logramos la seguridad en el transporte del conductor y el prototipo en la noche.
- Para optimizar el funcionamiento de la mini-plataforma se debe instalar un sistema de anclaje para garantizar el transporte seguro del prototipo FESPE

## BIBLIOGRAFÍA

- BIRNES, Mike;C (2008). La Guía Completa Para Operaciones del Auto-transporte de Carga
- Mc CORMAC, Análisis de estructuras; cuarta edición, México, D.F.; Alfaomega 2010; 700 p.
- Mott Robert L: RESISTENCIA DE MATERIALES; 3 Edición; México, DF Prendice-Hall, Hispanoamérica.
- Mott Robert L: RESISTENCIA DE MATERIALES; 3 Edición; México, DF Prendice-Hall, Hispanoamérica
- Pozzo, D.(Abril 2010). Diseño y construcción de una plataforma didáctica para vehículos de competición .Quito, Universidad Central del Ecuador
- Resistencia de materiales, Singer. Momentos de flexión, torsión y reacción. 4ta Edición.
- CAORI, Patricia. Conexiones en Estructuras Metálicas, 1ra. Ed., Colombia, Bogotá 2002, Unidad de Publicaciones de Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Colombia.
- SHIGLEY, México, D.F. 2000 .Diseño en Ingeniería Mecánica e hidráulica de elementos móviles, 6ta.Edición
- Mc Graw-Hill;México,D.F.(1992), Análisis mecánico de elementos estructurales; 2 Edición.
- Kindler, H.&Kynast, H.(1984).GTZ Matemática aplicada para la técnica de plataformas de arrastre. Alemania. Editorial Reverte.7ma Edición.



## NETGRAFÍA

- Reidar B., Guía para la elección del tipo de acero en estructuras.  
[http://www.acesta.com.mx/boletin/5/Grados\\_Tipos\\_Aceros.pdf](http://www.acesta.com.mx/boletin/5/Grados_Tipos_Aceros.pdf)[Citado el 23/06/2014]
- ESTRUCTURAS METALICAS  
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/551>[Citado el 17/05/2014]
- Electricidad automotriz  
[http://electroaut.blogspot.com/2012/01/como-instalar-un-rele\\_universal-de-5.html](http://electroaut.blogspot.com/2012/01/como-instalar-un-rele_universal-de-5.html)[Citado el 17/06/2014]
- Mecánica Automotriz  
<http://todomecanicaa.blogspot.com> [Citado el 03/05/2014]
- Descripción bomba de alta presión  
<http://www.dieselevante.it/fuelpumps/index.asp#>[Citado el 03/01/2015]
- Despiece , tolerancias y codificación inyectores DENSO , DELPHI Y BOSCH  
<http://www.dieselevante.it/fuelpumps/index.asp#>[Citado el 03/11/2014]
- Inyección CRDI BOSCH en la URL:  
<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1126/2/Capitulo%201.pdf>  
[Citado el 03/09/2014]
- Poweredes., "Probador CRDi", Disponible en la URL:  
<http://www.poweredes.com/probadorcrdi.pdf> [Citado el 03/07/2014]

# **ANEXOS**

## **INDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A. FACTOR DE SEGURIDAD DE CABLES DE CAERO**

**ANEXO B. COEFICIENTE DE FRICCION**

**ANEXO C. FACTOR DE DISEÑO**

**ANEXO D. COMPOCISION CABLES DE ACERO**

**ANEXO E. PLANOS**

**ANEXO A.**  
**FACTOR DE SEGURIDAD DE CABLES DE**  
**ACERO**

### **FACTOR DE SEGURIDAD**

El factor de seguridad de un cable de acero es la relación entre la resistencia a la ruptura mínima garantizada del cable y la carga o fuerza de trabajo a la cual esta sujeta. No es posible detallar el factor de seguridad para todas las aplicaciones, porque también hay que considerar el ambiente y circunstancias en el área de trabajo, pero en la siguiente tabla se observa una guía general para la selección del correspondiente factor.

<i>Aplicación</i>	<i>Factor</i>
<b>Tirantes de cable o torones (trabajo estático)</b>	<b>3 a 4</b>
<b>Cables principales para puentes colgantes</b>	3 a 3.5
<b>Cables de suspensión (péndulo para puentes colgantes)</b>	3.5 a 4
<b>Cables de tracción para teleféricos y andariveles</b>	5 a 6
<b>Cada cable de operación de una grúa almeja</b>	4 a 5
<b>Palas mecánicas – excavadoras</b>	5
<b>Cable de arrastre en minas</b>	4 a 5
<b>Cables de izaje en minas (vertical e inclinado)</b>	7 a 8
<b>Grúas teclas y polipastos industriales</b>	6 (mínimo)
<b>Ascensores – elevadores – para personal</b>	12 a 15
<b>Ascensores – elevadores – para material y equipos</b>	7 a 10
<b>Grúas con crisoles calientes de fundición</b>	8 (mínimo)

Hay que tomar en cuenta que es necesario aumentar el factor de seguridad cuando hay vidas en juego, donde hay un ambiente muy corrosivo o donde una inspección frecuente es difícil de llevar a cabo.

**ANEXO B.**  
**COEFICIENTE DE FRICCION**

## TABLA DE COEFICIENTE DE ROZAMIENTO

Material 1	Material 2	Coefficient Of Friction				Test method
		DRY		Greasy		
		Static	Sliding	Static	Sliding	
Aluminum	Aluminum	1,05-1,35	1,4	0,3		
Aluminum	Mild Steel	0,61	0,47			
Brake Material	Cast Iron	0,4				
Brake Material	Cast Iron (Wet)	0,2				
Brass	Cast Iron		0,3			
Brick	Wood	0,6				
Bronze	Cast Iron		0,22			
Bronze	Steel			0,16		
Platinum	Platinum	1,2		0,25		
Flexiglas	Flexiglas	0,8		0,8		
Flexiglas	Steel	0,4 - 0,5		0,4 - 0,5		
Polystyrene	Polystyrene	0,5		0,5		
Polystyrene	Steel	0,3-0,35		0,3-0,35		
Polythene	Steel	0,2		0,2		
Rubber	Asphalt (Dry)		0,5-0,8			
Rubber	Asphalt (Wet)		0,25-0,75			
Rubber	Concrete (Dry)		0,6-0,85			
Rubber	Concrete (Wet)		0,45-0,75			

### COEFFICIENT OF FRICTION

The following friction coefficients shall be considered in calculating the sliding friction forces :

<b>Concrete to Soil / Rock</b>	<b>0.30</b>
<b>Concrete to Steel</b>	<b>0.45</b>
<b>Steel to Steel</b>	<b>0.50</b>
<b>Steel to Teflon Plate</b>	<b>0.10</b>
<b>Brick Masonry on moist clay</b>	<b>0.33</b>
<b>Brick Masonry on dry clay</b>	<b>0.50</b>
<b>Brick Masonry on sand</b>	<b>0.40</b>
<b>Brick Masonry on gravel</b>	<b>0.60</b>
<b>Brick Masonry to Brick</b>	<b>0.70</b>
<b>Brick Masonry on rock</b>	<b>0.75</b>
<b>Granite on Granite</b>	<b>0.60</b>
<b>Limestone on Limestone</b>	<b>0.75</b>
<b>Cement Blocks on Cement Blocks</b>	<b>0.65</b>
<b>Cement concrete on dry clay</b>	<b>0.40</b>
<b>Cement concrete on wet clay</b>	<b>0.20</b>
<b>Cement concrete on wet sand</b>	<b>0.40</b>
<b>Cement concrete on dry sand</b>	<b>0.50 - 0.60</b>
<b>Cement concrete on dry gravel</b>	<b>0.50 - 0.60</b>
<b>Cement concrete on dry rock</b>	<b>0.60 - 0.70</b>
<b>Cement concrete on wet rock</b>	<b>0.50</b>
<b>Brick on Brick</b>	<b>0.65</b>
<b>Wood on Wood</b>	<b>0.48</b>
<b>Note: Friction is more on dry surfaces of the same material compared to wet surface.</b>	

**ANEXO C.**  
**FACTOR DE DISEÑO N**



## 5-7 FACTORES DE DISEÑO

El término *factor de diseño*,  $N$ , es una medida de la seguridad relativa de un componente bajo la acción de una carga. En la mayor parte de los casos, la resistencia del material con que se fabricará el componente se divide entre el factor de diseño para determinar un *esfuerzo de diseño*,  $\sigma_d$ , que a veces se llama *esfuerzo admisible* o *esfuerzo permisible*. Entonces, el esfuerzo real que se desarrolla en el componente debe ser menor que el esfuerzo de diseño. Para algunos tipos de carga, es más cómodo establecer una relación con la que se pueda calcular el factor de diseño,  $N$ , a partir de los esfuerzos reales aplicados y de la resistencia del material. En otros casos más, en especial para el caso de pandeo de columnas, que se describirá en el capítulo 6, el factor de diseño se aplica a la *carga* sobre la columna y no a la resistencia del material.

La sección 5-9 presenta métodos para calcular el esfuerzo de diseño o el factor de diseño para distintos tipos de cargas y materiales.

El diseñador debe determinar cuál será un valor razonable del factor de diseño en determinado caso. Con frecuencia, el valor del factor de diseño o del esfuerzo de diseño está definido por códigos establecidos por organizaciones de normalización, como la Sociedad Estadounidense de Ingenieros Mecánicos (American Society of Mechanical Engineers), la Asociación Estadounidense de Manufactura de Engranajes (American Gear Manufacturers Association), el Departamento de la Defensa de Estados Unidos (U. S. Department of Defense), la Asociación de Aluminio (Aluminum Association) o el Instituto Estadounidense de Construcción de Acero (American Institute of Steel Construction). Para estructuras, con frecuencia son los reglamentos de construcción local o estatal los que indican los factores de diseño o los esfuerzos de diseño. Algunas empresas han adoptado sus propias políticas para especificar factores de diseño basados en su experiencia con condiciones parecidas.

Cuando no se cuenta con códigos o normas, el diseñador debe aplicar su juicio para especificar el factor de diseño adecuado. Parte de la filosofía de diseño, descrita en la sección 5-6, se refiere a asuntos como la naturaleza de la aplicación, el ambiente, la naturaleza de las cargas sobre el componente que se va a diseñar, el análisis de esfuerzos, las propiedades del material y el grado de confianza en los datos que se emplean en el proceso de diseño. Todas estas consideraciones afectan la decisión acerca de qué valor del factor de diseño es el adecuado. En este libro se emplearán los siguientes lineamientos.

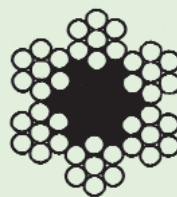
### Materiales dúctiles

1.  $N = 1.25$  a  $2.0$ . El diseño de estructuras bajo cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos del diseño.
2.  $N = 2.0$  a  $2.5$ . Diseño de elementos de máquina bajo cargas dinámicas con una confianza promedio en todos los datos de diseño. Es la que se suele emplear en la solución de los problemas de este libro.
3.  $N = 2.5$  a  $4.0$ . Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquina bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente.
4.  $N = 4.0$  o más. Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre en cuanto a alguna combinación de cargas, propiedades del material, análisis de esfuerzos o el ambiente. El deseo de dar una seguridad adicional a componentes críticos puede justificar también el empleo de estos valores.

**ANEXO D.**  
**COMPOSICION CABLES DE ACERO**



Código	Ø (mm)	Peso (kg/m)	Carga de rotura mín. (kg)
1006071NGD02A	2	0,0143	239
1006071NGD03A	3	0,0322	538
1006071NGD04A	4	0,0572	957
1006071NGD05A	5	0,0894	1.500
1006071NGD06A	6	0,1290	2.150
1006071NGD07A	7	0,1750	2.930



**COMPOSICIÓN**  
6 x 7 + 1  
Galvanizado  
(180 kg/mm<sup>2</sup>)



Código	Ø (mm)	Peso (kg/m)	Carga de rotura mín. (kg)
1006191NGD03A	3	0,0311	498
1006191NGD04A	4	0,0554	885
1006191NGD05A	5	0,0865	1.380
1006191NGD06A	6	0,1250	1.990
1006191NGD07A	7	0,1700	2.710
1006191NGD08A	8	0,2210	3.540
1006191NGD09A	9	0,2800	4.480
1006191NGD10A	10	0,3460	5.530
1006191NGD11A	11	0,4190	6.690
1006191NGD12A	12	0,4980	7.970
1006191NGD13A	13	0,5850	9.350
1006191NGD14A	14	0,6780	10.800
1006191NGD16A	16	0,8860	14.200
1006191NGD18A	18	1,1200	17.900
1006191NGD20A	20	1,3800	22.100
1006191NGD22A	22	1,6700	26.800
1006191NGD24A	24	1,9900	31.900



**COMPOSICIÓN**  
6 x 19 + 1  
Galvanizado  
(180 kg/mm<sup>2</sup>)



Código	Ø (mm)	Peso (kg/m)	Carga de rotura mín. (kg)
1006371NGD06A	6	0,125	1.910
1006371NGD07A	7	0,170	2.600
1006371NGD08A	8	0,221	3.400
1006371NGD09A	9	0,280	4.300
1006371NGD10A	10	0,346	5.310
1006371NGD11A	11	0,419	6.420
1006371NGD12A	12	0,498	7.640
1006371NGD13A	13	0,585	8.970
1006371NGD14A	14	0,678	10.400
1006371NGD16A	16	0,886	13.600
1006371NGD18A	18	1,120	17.200
1006371NGD20A	20	1,380	21.200



**COMPOSICIÓN**  
6 x 37 + 1  
Galvanizado  
(180 kg/mm<sup>2</sup>)

**ANEXO E.**  
**PLANOS**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE**

**DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA**

**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**CERTIFICACION**

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores Edwin Paul Lisintuña Toapanta y Andrés Fernando Erazo criollo, bajo mi supervisión

.....  
Ing. OSCAR ARTEAGA  
DIRECTOR

.....  
Ing. HECTAR TERAN  
COORDIRECTOR

.....  
Ing. JUAN CASTRO  
DIRECTOR DE LA CARRERA

.....  
Dr. FREDDY JARAMILLO CHECA  
SECRETARIO ACADEMICO