

DISEÑO DE UN ELEVADOR DE TIJERA HIDRAULICO PARA EL IZAJE DE  
VEHÍCULOS TIPO SEDÁN

JUAN ESTEBAN ECHEVERRY RAMIREZ

JUAN ESTEBAN OCAMPO AGUIRRE

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE MECÁNICA

MEDELLIN

2017

DISEÑO DE UN ELEVADOR DE TIJERA HIDRAULICO PARA EL IZAJE DE  
VEHÍCULOS TIPO SEDÁN

JUAN ESTEBAN ECHEVERRY RAMIREZ

JUAN ESTEBAN OCAMPO AGUIRRE

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO  
DE TECNÓLOGO EN MECÁNICA INDUSTRIAL Y DE TECNÓLOGO EN MECÁNICA  
AUTOMOTRIZ

ASESOR: SAÚL RIVERO MEJÍA

INGENIERO MECÁNICO

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE MECÁNICA

MEDELLIN

2017

## Contenido

INTRODUCCIÓN.....	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
2. JUSTIFICACION .....	4
3. OBJETIVOS.....	5
3.1.    Objetivo General.....	5
3.2.    Objetivos Específicos.....	5
4. MARCO TEÓRICO.....	6
4.1.    Historia y tipos de elevadores para vehículos.....	6
4.2.    Fundamentos de Resistencia de materiales y de diseño de elementos de máquinas.....	13
4.2.1.    Fórmulas para el esfuerzo .....	13
4.3.    SISTEMA HIDRÁULICO .....	18
4.3.1.    Válvulas Hidráulicas.....	19
4.3.2.    Válvulas Antirretorno o de Check .....	20
4.3.3.    Válvulas 5/2 Hidráulica. ....	20
4.3.4.    Bomba Hidráulica .....	21
5.    METODOLOGÍA .....	23
6.    RESULTADOS DEL PROYECTO.....	24
6.1.    PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL ELEVADOR .....	24
6.2.    COMPONENTES DEL ELEVADOR .....	25
6.3.    PARÁMETROS FUNDAMENTALES PARA SU DISEÑO .....	25
6.4.    ANÁLISIS DE FUERZAS Y ESFUERZOS EN LA PLATAFORMA .....	26
6.4.1    Análisis de Fuerzas.....	27
6.3.2.    Selección del Cilindro Hidráulico y Tipo de Bomba .....	35
6.3.3.    Tipo de Material y sus Dimensiones.....	38
6.3.4.    Análisis de las Barras como Viga .....	40
6.3.5.    Diagrama de Sistema Hidráulico .....	43
6.3.6.    Diseño definitivo .....	44
7.    CONCLUSIONES .....	45
8.    REFERENCIAS .....	46

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Primer ascensor .....	6
Figura 2. Elevador de Vermont con seguridad .....	7
Figura 3. Historia de los montacargas.....	7
Figura 4. Elevador de cangilones .....	8
Figura 5. Gato mecánico.....	8
Figura 6. Gato hidráulico .....	9
Figura 7. Elevador de vehículos de dos columnas.....	10
Figura 8. Elevadores cuatro columnas .....	11
Figura 9. Elevador de tijera.....	11
Figura 10. Elevador Rotativo .....	12
Figura 11. Elevador hidráulico Empotrado .....	13
Figura 12. Esfuerzos normales .....	14
Figura 13. Esfuerzo de Aplastamiento.....	14
Figura 14. Esfuerzos cortantes .....	15
Figura 15. Esfuerzo de flexión .....	16
Figura 16. Esfuerzo de torsión .....	16
Figura 17. Diagrama del esfuerzo de Von-mises.....	18
Figura 18. Cilindro hidráulico doble efecto .....	19
Figura 19. Válvulas hidráulicas.....	20
Figura 20. Válvula Antirretorno.....	20
Figura 21. Válvula 5/2 hidráulica .....	21
Figura 22. Tipos de Bombas .....	22
Figura 23. Plataforma superior .....	27
Figura 24. Barra superior derecha .....	29
Figura 25. Barra superior izquierda .....	30
Figura 26. Barra transversal superior.....	31
Figura 27. Barra inferior izquierda .....	32
Figura 28. Barra inferior derecha .....	33
Figura 29. Barra transversal inferior.....	34
Figura 30. Cilindro de doble efecto .....	36
Figura 31. Fuerza ejercida por el pistón.....	36
Figura 32. Dimensiones de barras rectangulares .....	39
Figura 33. Diagrama de cuerpo libre de la barra .....	40
Figura 34. Diagrama de cuerpo libre de la barra para el eje Z.....	40
Figura 35. Diagramas de fuerza cortante y momento flector en el eje y .....	41
Figura 36. Diagrama de fuerza constante y momento flector para el eje Z.....	42
Figura 37. Sistema Hidráulico.....	43
Figura 38. Geometría del elevador definitiva.....	44

## INTRODUCCIÓN

Dentro de un taller mecánico, se debe de poner en práctica la seguridad e higiene en todo momento. Esto garantiza unas condiciones más adecuadas y seguras para realizar cualquier actividad de reparación u modificación en un vehículo automotor. Lo anterior, posibilita la efectividad del trabajo y el rendimiento de quien lo desempeña, evitándose accidentes o incidentes que puedan atentar con la salud o la vida de los operarios. En conclusión, se debe tener conciencia de la importancia de la seguridad e higiene dentro del taller mecánico.

Las causas asociadas a un accidente laboral, recaen en los actos inseguros y en las condiciones inseguras. Las acciones inseguras recaen totalmente sobre la persona, mientras que las condiciones inseguras recaen sobre la infraestructura de una organización, y se definen como cualquier condición del ambiente que puede contribuir a un accidente.

De acuerdo a lo anterior, es de suma importancia que en el taller de mecánica se cuente con la infraestructura tecnológica adecuada para que los técnicos y operarios puedan realizar sus tareas de forma eficiente y segura. Dentro de la infraestructura de un taller se tienen maquinarias, equipos y herramientas. Una de los equipos más utilizados son las grúas o elevadores, los cuales son necesarios cuando se trate de elevar el vehículo o los motores. Para el presente trabajo de grado, se diseña un elevador de tijeras, el cual hace parte del inventario de los equipos de muchos de los talleres que existen en Colombia y el mundo

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Un taller de mecánica industrial o automotriz, es un espacio de trabajo en el cual, los operarios y técnicos se encuentran expuestos a ciertos riesgos, generados por el uso de herramientas cortantes, piezas pesadas y productos abrasivos y/o tóxicos. De acuerdo a lo anterior, se hace necesario aplicar unas buenas prácticas de seguridad, no solo para minimizar los riesgos, sino también para mejorar la respuesta en caso de ocurrir cualquier percance. Para minimizar los riesgos, el taller debe tener todos aquellos equipos que garanticen la máxima seguridad y eficiencia en el trabajo de sus trabajadores. Entre otras cosas, se deberá contar con herramientas, piezas, bancos de pruebas, sistemas elevadores, equipos para chapa y pintura, homologados y en buen estado.

Asimismo, el manejo de cargas es otra de las actividades muy frecuentes dentro de los talleres, dado que muchas de las piezas que se necesitan reparar o reponer, tales como un motor o un eje superan el peso que es capaz de levantar un técnico con su propio esfuerzo. Como norma de carácter general, siempre que sea posible, se deberán manipular las cargas a través de medios mecánicos adecuados y seguros.

No obstante, cuando por las características propias del trabajo deba realizarse de forma manual, es importante tener en cuenta: las características de la carga, esfuerzo físico necesario, las características del medio de trabajo, las exigencias de la actividad y las características individuales del trabajador.

Además de evaluarle los diferentes riesgos, deberán adoptarse las medidas apropiadas para realizar el trabajo de forma segura, esto incluye suminístrale al trabajador una información clara de la actividad a realizar, la forma correcta de manipular las cargas y facilitarle los equipos acordes con la tarea a realizar.

La manipulación manual de cargas es una tarea bastante frecuente que puede producir fatiga física, lesiones, cortes, heridas y fracturas en el trabajador. Esta actividad, es considerada como una de las causas más frecuentes de accidentes laborales. Las lesiones que se producen no suelen ser mortales, pero originan grandes sobrecostos representados en enfermedades o incapacidades laborales.

En un taller de mecánica automotriz, es necesario manipular el vehículo para hacerle reparación. Para poder observar el vehículo en su parte baja, es necesario que el lugar cuente con un guaje o en su defecto con un elevador. Muchos de los propietarios de los talleres tienen dificultades económicas para adquirir un elevador por sus elevados costos. Por ejemplo en el mercado colombiano se consiguen elevadores de tijeras con una capacidad de carga de hasta 4 toneladas por un valor de \$24 millones.

Con base en lo anterior, en el presente trabajo de grado se desea diseñar un elevador de tijeras, con capacidad de levantar vehículos livianos tipo de sedán, con unos costos de fabricación bajos, de tal forma que pueda ser replicado para su uso en los talleres de mecánica automotriz de la ciudad.

## **2. JUSTIFICACION**

Los elevadores para talleres de mecánica automotriz, son herramientas indispensables por su versatilidad y comodidad de uso. Algunos dueños de talleres y operarios de mecánica suelen prestarle poca importancia a los asuntos de seguridad y confort dentro del taller. Un vehículo liviano no pesa menos de una tonelada y el riesgo de accidente por el manejo de cargas tan pesadas siempre estará latente. En lo posible los riesgos se deberán mitigar y para ello es necesario que adopten buenas prácticas, que incluyen no solo de las herramientas y equipos adecuados para los servicios que presta el taller, sino que además, la alta gerencia o la dirección que es propietaria del taller de mecánica deberá comprometerse con sensibilizar y capacitar a sus trabajadores.

Dentro de la gama de herramientas indispensables para todo taller de mecánica, se tienen los elevadores. Existen una gran variedad y también de modelos, pero en el presente trabajo de grado se diseñará uno de tijeras e hidráulico, dado que es de lo más populares en el mundo.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo General**

Diseñar un elevador de tijera hidráulico para el izaje de vehículos tipo sedán

#### **3.2. Objetivos Específicos**

- Seleccionar la geometría más adecuada con base en los requerimientos de diseño
- Diseñar todos los componentes del elevador, teniendo como base parámetros fundamentales como peso del vehículo, ancho del vehículo
- Selección del material de cada componente y factor de diseño a utilizar
- Calcular costos de fabricación

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1. Historia y tipos de elevadores para vehículos

Muchos de los libros de historia, afirman que los primeros ascensores utilizados por el hombre fueron empleados alrededor del año 300 A.C. Estos generalmente eran impulsados por animales o por personas.



Figura 1. Primer ascensor

Fuente: Imagen tomada de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Ascensor>

Este sistema inspiró al estadounidense Vermont Elisha G. Otis, el cual diseñó el primer ascensor con un sistema de seguridad que consistía en un sistema dentado que amortiguaba la caída, además poseía poleas, cuerdas y un contrapeso, tal cual puede apreciarse en la figura 2.

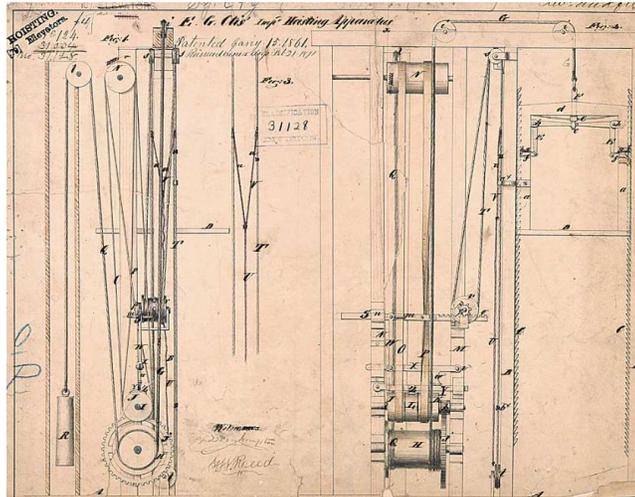


Figura 2. Elevador de Vermont con seguridad  
Fuente: Imagen tomada de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Ascensor>

Otro equipo de izaje de carga son los montacargas, el primero fue fabricado en 1851 por Waterman y consistía en una plataforma con cables, la cual era utilizada para bajar y elevar mercancías, estos fueron impulsados por la primera guerra mundial, la cual creó la necesidad de este equipo que podría trabajar en la ausencia de hombres y de energía (wikipedia, 2016).

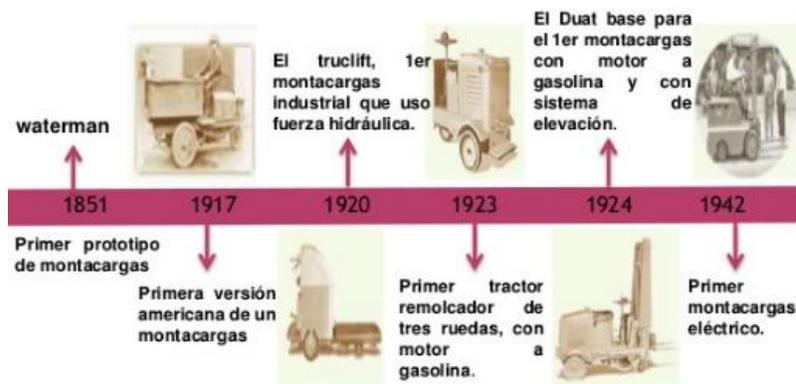


Figura 3. Historia de los montacargas  
Imagen tomada de: <https://es.slideshare.net/loresalcedo2/montacargas-34524874>

Otro sistema para el izaje de carga son los elevadores de cangilones, que son los más utilizados para el transporte vertical de elementos a granel seco, húmedo o en caso de líquidos.



*Figura 4. Elevador de cangilones*

Fuente: Imagen tomada de: <https://www.interempresas.net/Agricola/FeriaVirtual/Producto-Elevadores-de-cangilones-Envasef-EZ-01-140563.html>

Por último, los sistemas de gatos mecánicos e hidráulicos, los mecánicos se valen de un sistema multiplicador basado en una pieza roscada y en un husillo (tornillo de potencia). Los gatos hidráulicos basados en el principio de Pascal, aprovechan el efecto del reparto uniforme de la presión a través de un fluido entre dos émbolos de distinta sección.



*Figura 5. Gato mecánico*

Fuente: Imagen tomada de: <http://ciniholdings.com.mt/product-category/car-accessories/seat-covers/>



*Figura 6. Gato hidráulico*

*Fuente: Imagen tomada de: <https://www.cattini.eu/es/yak/macacos-de-carrinho/yak-20q>*

Para la elevación de vehículos existen diferentes tipos de elevadores, los cuales son utilizados para levantar o bajar vehículos durante las labores de mantenimiento o reparación, estos pueden utilizar un sistema hidráulico, mecánico o eléctrico para esta función. Existe una clasificación de los elevadores en los talleres mecánicos, la cual depende de la función a desempeñar (Murillo, 2011):

- **Grupo A:** Este grupo engloba a los elevadores para talleres de mecánica general, es decir, elevadores que nos sirven para la reparación, inspección, etc. de todas las piezas y partes de un vehículo.
- **Grupo B:** En este grupo están los elevadores para servicios de mantenimiento e inspección rápida.
  - **Grupo C:** Aquí sólo entran los elevadores utilizados para alinear direcciones.

Dentro estas categorías se encuentran los diferentes tipos de elevadores, los más comunes son:

- Elevador de automóvil de dos columnas
- Elevadores de automóvil de cuatro columnas
- Elevadores tijera
- Elevador Hidráulico Rotativo
- Elevador Hidráulico Empotrado Bajo piso



*Figura 7. Elevador de vehículos de dos columnas*

*Fuente: Imagen tomada de: <http://ple1.com/producto/3200kg-220v-pl32/>*

Estos son los elevadores de vehículos que se pueden encontrar en cualquier taller mecánico, presentan gran rendimiento y buena accesibilidad que ofrece a la hora de reparar o prestar un servicio completo al vehículo.



*Figura 8. Elevadores cuatro columnas*

*Fuente: Imagen tomada de: <http://www.coccolo.com.ar/?portfolio=elevador-de-4-columnas>*

Los elevadores de este tipo poseen los mismos componentes que el de dos columnas, pero a diferencia de estos posee cuatro torres las cuales le proporcionan mayor estabilidad y les permite levantar mayor carga.

Otros son los elevadores de tijera, los cuales están constituidos por una estructura metálica, dos o cuatro cilindros hidráulicos impulsados por una bomba hidráulica y esta a su vez por un motor eléctrico.



*Figura 9. Elevador de tijera*

*Fuente: Imagen tomada de: <http://www.manuncios.es/imagen/elevador-de-tijera-para-coches-1-Cadiz-1>*

Los elevadores rotativos, se dice que fueron unos de los primeros que se crearon, su creación se fundamentó cuando un mecánico llamado Meter Lunati, vio cómo funcionaban las sillas de los barberos, los cuales resultaron ser muy funcionales porque los choferes de la época les costaba mucho maniobrar sus vehículos incluso dar reversa y con este se podría entrar y salir de frente con un solo giro del elevador (Remolina, 2004).



*Figura 10. Elevador Rotativo*

*Fuente: Imagen tomada de: <http://www.parkingsolutions.com.pe/parking/>*

Por ultimo encontramos los elevadores hidráulicos para vehículos o empotrados en el suelo, estos presentaban varias desventajas, eran muy costosos de fabricar y eran fijos.



Figura 11. Elevador hidráulico Empotrado

Fuente: Imagen tomada de: <http://rampas-y-elevadores-automotrices.blogspot.com.co/2011/01/el-uso-de-los-elevadores-automotrices.html>

## 4.2. Fundamentos de Resistencia de materiales y de diseño de elementos de máquinas

4.2.1. Fórmulas para el esfuerzo. La mayoría de elementos en la vida diaria están sometido a una combinación de esfuerzos, normales y cortantes, a continuación describiremos las fórmulas utilizadas para el diseño del elevador fundamentadas del libro de Beer & Johnston de Resistencias de Materiales.

4.2.1.1. *Esfuerzo Normal* ( $\sigma$ ). Es el esfuerzo al que están sometidos los elementos debido a cargas axiales de tensión o en dirección del eje del elemento.

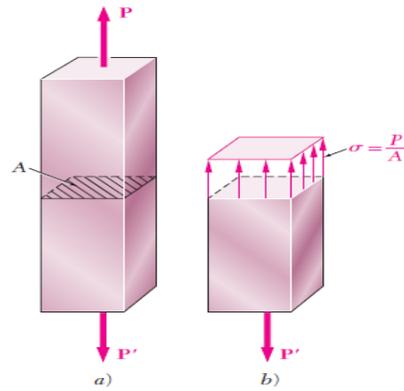


Figura 12. Esfuerzos normales  
Fuentes: (Beer, 2010)

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

F = fuerza de tensión (N)

A= área transversal del elemento o perpendicular a la fuerza

4.2.1.2. *Esfuerzos de aplastamiento ( $\sigma_b$ )*. Son los esfuerzos generados por cargas axiales de compresión en los elementos.

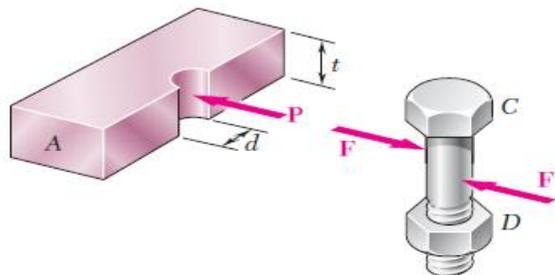


Figura 13. Esfuerzo de Aplastamiento  
Fuente: (Beer, 2010)

$$\sigma_b = \frac{F}{A_b}$$

F= fuerza de compresión (N)

A<sub>b</sub>= área proyectada del elemento

4.2.1.3 *Esfuerzos cortantes (T)*. Son los esfuerzos generados en elementos sometidos a cizalladura o fuerzas en direcciones contrarias, comúnmente ocurre en pernos, remaches, pasadores y barras.

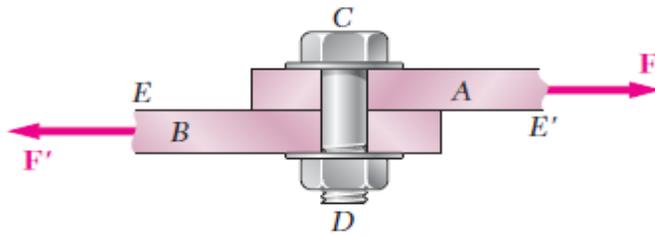


Figura 14. Esfuerzos cortantes  
Fuente: (Beer, 2010)

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{F}{2A}$$

F= fuerza paralela al área de corte (N)

A= área paralela a la fuerza, si el elemento la sujeción es doble el área será el doble también

Y soportara mayor carga.

4.2.1.4. *Esfuerzos Normales por Flexión ( $\sigma$ )*. Son los esfuerzos generados por momentos flectores en los elementos, los cuales tienden a doblar el elemento, ocurren en vigas, barras, etc.

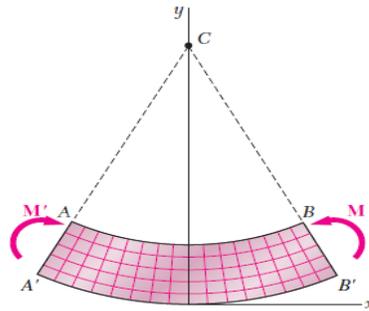


Figura 15. Esfuerzo de flexión  
Fuente: (Beer, 2010)

$$\sigma = \frac{M * C}{I}$$

M= momento flector

C= distancia del eje neutro al punto de análisis

I= momento de inercia del elemento los cuales aparecen en una tabla dependiendo del tipo de figura.

4.2.1.5. *Esfuerzos Cortantes de Torsión (T)*. Son los esfuerzos cortantes generados por un torque que es aplicado al elemento.

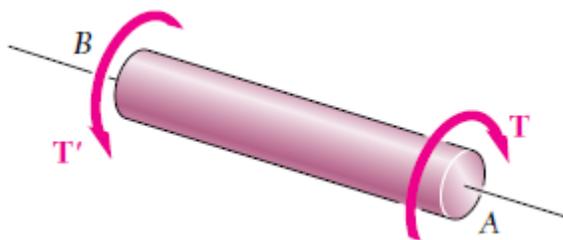


Figura 16. Esfuerzo de torsión  
Fuente: (Beer, 2010)

$$\tau = \frac{T * C}{J}$$

T= torque al cual se somete el elemento.

C= distancia desde el centro al punto de análisis.

J= momento polar de inercia

Existe otro tipo de esfuerzo cortante:

$$\tau = \frac{V * Q}{I * t}$$

V= fuerza cortante paralela al área

Q= Área que está por encima del punto analizar multiplicada por el Y barra de esta área

I= momento de inercia de la figura completa

t= espesor del elemento

*4.2.1.6 Teoría de Diseño a Carga Estática o Esfuerzo de Von-mises.* En esta teoría se afirma que un elemento estructural fallará, si es esfuerzo de von-mises ( $\sigma'$ ), es mayor que la resistencia de fluencia del material (Shigley, 2008):

$$\sigma' \leq \frac{S_y}{N}$$

Donde:

N= factor de diseño

Sy= resistencia de fluencia del material

Pero el esfuerzo de Von-mises será:

$$\sigma' = (\sigma_A^2 - \sigma_A * \sigma_B + \sigma_B^2)^{0,5} \text{ Para cuando solo existen esfuerzos normales}$$

$$\sigma' = (\sigma_x^2 - \sigma_x * \sigma_y + \sigma_y^2 + 3 * \tau_{xy}^2)^{0,5} \text{ Esfuerzos normales y cortantes}$$

$$\sigma' = (\sigma_x^2 + 3 * \tau_{xy}^2)^{0,5} \text{ Esfuerzo normal y torsión}$$

De donde  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  son los esfuerzos calculados con cargas combinadas en las direcciones X y Y, mientras que  $\sigma_A$  y  $\sigma_B$ , son los esfuerzos principales obtenidos del circulo de Mohr.

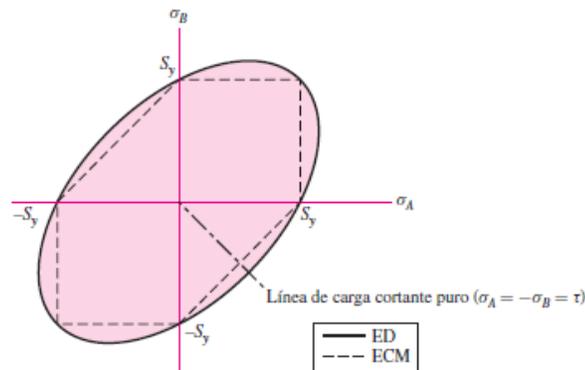


Figura 17. Diagrama del esfuerzo de Von-mises  
Fuente: (Shigley, 2008)

### 4.3. SISTEMA HIDRÁULICO

Para calcular la fuerza que debe ejercer el vástago del cilindro hidráulico:

$$P = \frac{F}{A}$$

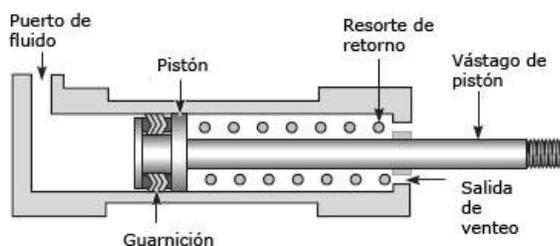


Figura 18. Cilindro hidráulico doble efecto  
Fuente: (Sapiensman, 2013)

$P$ = Presión ( $\text{N}/\text{m}^2$ )

$F$ = fuerza (N)

$A$ = área de la cabeza del vástago ( $\text{m}^2$ )

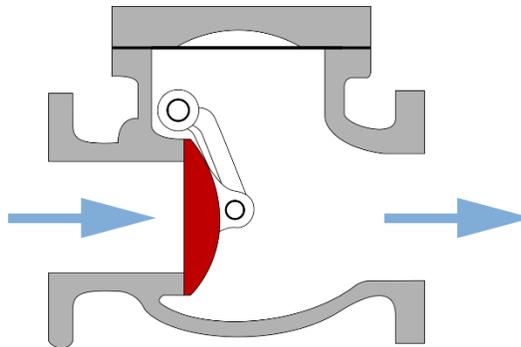
Para la longitud del vástago se deben realizar cálculos de cuanto se desea levantar el vehículo, además estos cilindro neumáticos son estándar.

4.3.1. Válvulas Hidráulicas. Existen varios tipos de válvulas hidráulicas, las más comunes son las de 3x2 y 5x2, además que pueden ser accionadas de diferentes formas por ejemplo manual, por una señal eléctrica, etc.



*Figura 19. Válvulas hidráulicas  
Fuente: (Pompeya, 2009)*

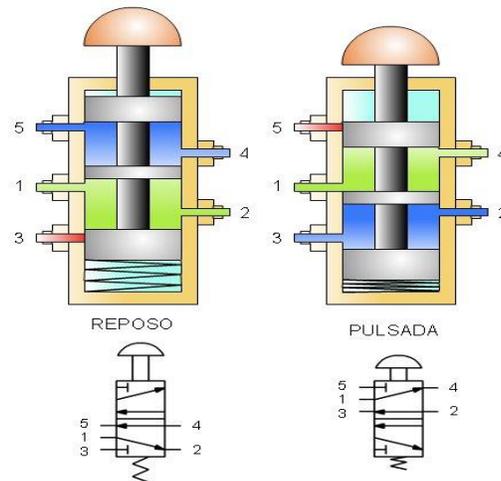
4.3.2. Válvulas Antirretorno o de Check. Son válvulas que permiten el paso de fluido en una sola dirección, se utilizan cuando se pretende mantener a presión una tubería en servicio, también sirve como seguro para las bombas porque evitan el golpe de ariete.



*Figura 20. Válvula Antirretorno  
Fuente: (wikipedia, 2017)*

4.3.3. Válvulas 5/2 Hidráulica. Es una válvula de distribución, estas válvulas determinan la dirección que debe tomar el fluido, su principal aplicación es controlar el avance y retroceso de

un cilindro de doble efecto, en una posición de la válvula el cilindro avanza y en la otra retrocede.



*Figura 21. Válvula 5/2 hidráulica  
Fuente: (Nachi, 2017)*

4.3.4. Bomba Hidráulica. Es una máquina que se usa para extraer, elevar o impulsar líquidos y gases de un lugar a otro, o dispositivos mecánicos, los cuales agregan energía al fluido en forma de presión, existen varias clasificadas según la forma en que el fluido entra y sale, además se diferencian por sus componentes y su tamaño depende del caudal a impulsar y de la presión requerida.



Figura 22. Tipos de Bombas  
Fuente: (Slideshare, 2011)

## **5. METODOLOGÍA**

El proyecto se realizó en 5 etapas las cuales se mencionan a continuación: En la primera se efectuó una búsqueda exhaustiva sobre los diferentes tipos de elevadores automotrices existentes en la actualidad y sus componentes, la segunda consistió en escoger la estructura que más acorde con los requerimientos del diseño ( ancho , largo y carga a izar), para la tercera etapa, se realizaron los cálculos de esfuerzos y fuerzas a las cuales estarían sometidos estos componentes, principalmente en la posición más crítica,; la cuarta etapa consistió en la selección de los materiales y el factor de seguridad para el diseño, y por último se estimó un presupuesto para la construcción del elevador.

## **6. RESULTADOS DEL PROYECTO**

En el siguiente trabajo se realizara el diseño de un elevador de tijera para vehículos tipo sedán, el cual podría ser utilizado en un centro de diagnóstico automotriz o CDA o en un taller de mecánica automotriz. El elevador estará compuesto por una estructura metálica, con brazos articulables o expandibles, accionados por un cilindro hidráulico de doble efecto y este a su vez por una bomba hidráulica accionada por un motor eléctrico, entregando la fuerza necesaria para levantar el vehículo.

Se le agregaron todas las medidas de seguridad, como es una válvula de antirretorno o de check, garantizando que cuando el cilindro salga el peso del vehículo no lo devuelva.

### **6.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL ELEVADOR**

El elevador es una estructura metálica, que posee unos elementos en forma de “tijeras”, los cuales se encargan de transmitir la fuerza entregada por el cilindro hidráulico. El funcionamiento del elevador hidráulico se basa en el principio de Pascal, que establece que la presión que se ejerce sobre un fluido incompresible, se transfiere con la misma intensidad en todas las direcciones y en todos los puntos del fluido.

Los elevadores hidráulicos emplean este principio mediante la combinación de dos cilindros, uno pequeño y otro grande, para aumentar la presión y poder alzar objetos de mayor peso. Por tanto, la energía necesaria para levantar la carga se transmite por una bomba que tiene un motor

de accionamiento eléctrico, el cual transfiere un fluido hidráulico a un cilindro que, a su vez, actúa directa o indirectamente para provocar la elevación

## **6.2. COMPONENTES DEL ELEVADOR**

Los elementos constitutivos del elevador de tijera hidráulico serán los siguientes:

- Plataforma metálica superior
- Tijeras o barras móviles
- Pasadores o pernos
- Cilindro hidráulico
- Marco de la estructura
- Bomba hidráulica
- Motor eléctrico
- Válvulas hidráulicas

## **6.3. PARÁMETROS FUNDAMENTALES PARA SU DISEÑO**

- La carga máxima a soportar será de 2000 kg o 19620 N
- La altura máxima que alcanzara será de 1,8 m
- Se usara un factor de diseño de 2,5, recomendado por el libro de Diseño de elementos de máquinas de Robert Mott, 4<sup>a</sup> edición, debido a que las cargas no se conocen con exactitud.
- Las dimensiones de la plataforma superior serán 1,6 m de ancho y 1,1 m de largo que es comúnmente la distancia entre ruedas

- Se utilizara como material de prueba un acero A36 ASTM
- Se utilizaran 2 extensiones de tijeras
- Se evaluara si se utiliza un solo cilindro en el centro de mayor capacidad o 2 cilindros en los extremos.

#### **6.4. ANALISIS DE FUERZAS Y ESFUERZOS EN LA PLATAFORMA**

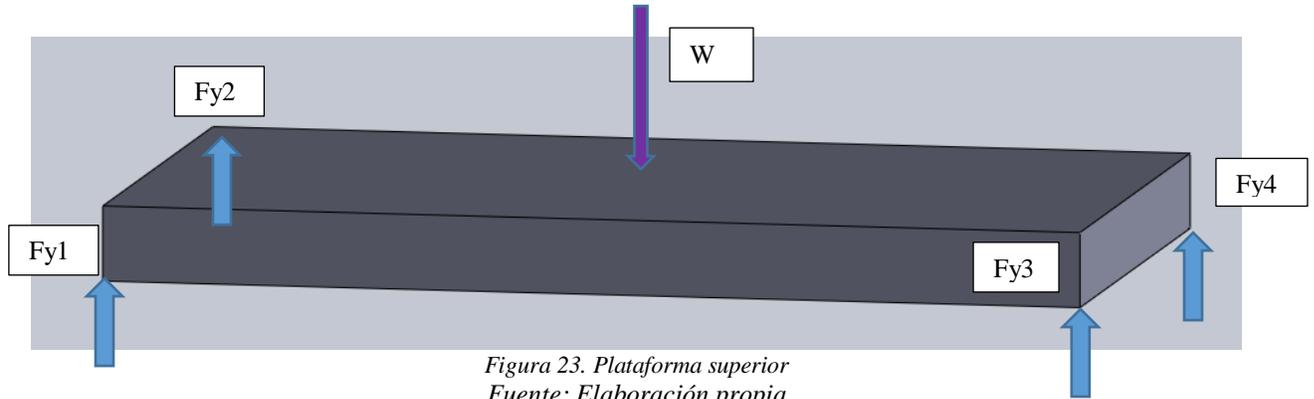
Cada componente del elevador realiza la siguiente función:

La base de la estructura se hará lo más ancha posible y se le adicionarán barras para darle estabilidad. Esta estructura es la encargada de soportar todo el peso del elevador y el vehículo, y está compuesta por una lámina de acero y dos vigas en “C” en sus extremos, los cuales servirán como guía para el izaje de la carga.

Las barras son las encargadas de transmitir la fuerza realizada por el cilindro y de direccionarla verticalmente para levantar la carga, estas serán macizas para evitar que falle por alguna fuerza cortante generada por la carga.

El cilindro será el encargado de entregar la presión ejercida por el fluido, transformándola en fuerza aplicada sobre las barras para levantar el vehículo; la plataforma superior estará encargada de sostener o soportar el peso del vehículo y estará compuesta como la inferior y por último los pasadores encargados de unir las barras, además sirven como pivote para su rotación.

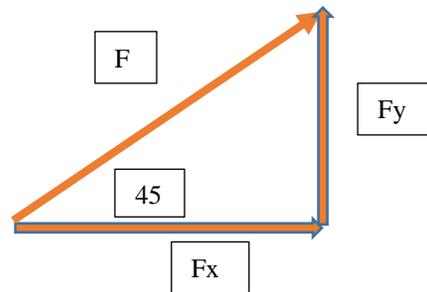
## 6.4.1 Análisis de Fuerzas



$$Fy = F * \sin \theta$$

$$Fx = F * \cos \theta$$

$$\sum Fy = 0$$



$$F1 * \sin \theta + F2 * \sin \theta + F3 * \sin \theta + F4 * \sin \theta - W = 0$$

Pero el peso para el cual se diseñara la plataforma, estará comprendido entre el peso del vehículo y el de la plataforma superior será:

$$W = m * g = (2500 \text{ kg}) * \left(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) = 24525 \text{ N}$$

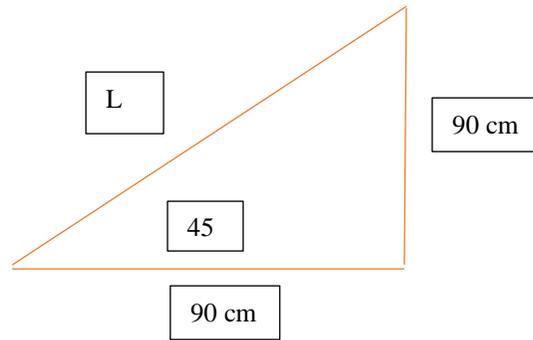
$$F = \frac{W}{4 * \sin \theta} = \frac{24525 \text{ N}}{4 * \sin \theta} = \frac{6131.25 \text{ N}}{\sin \theta}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$-F1 * \cos \theta - F3 * \cos \theta + F2 * \cos \theta + F4 * \cos \theta = 0$$

$$F1 = F2 = F3 = F4$$

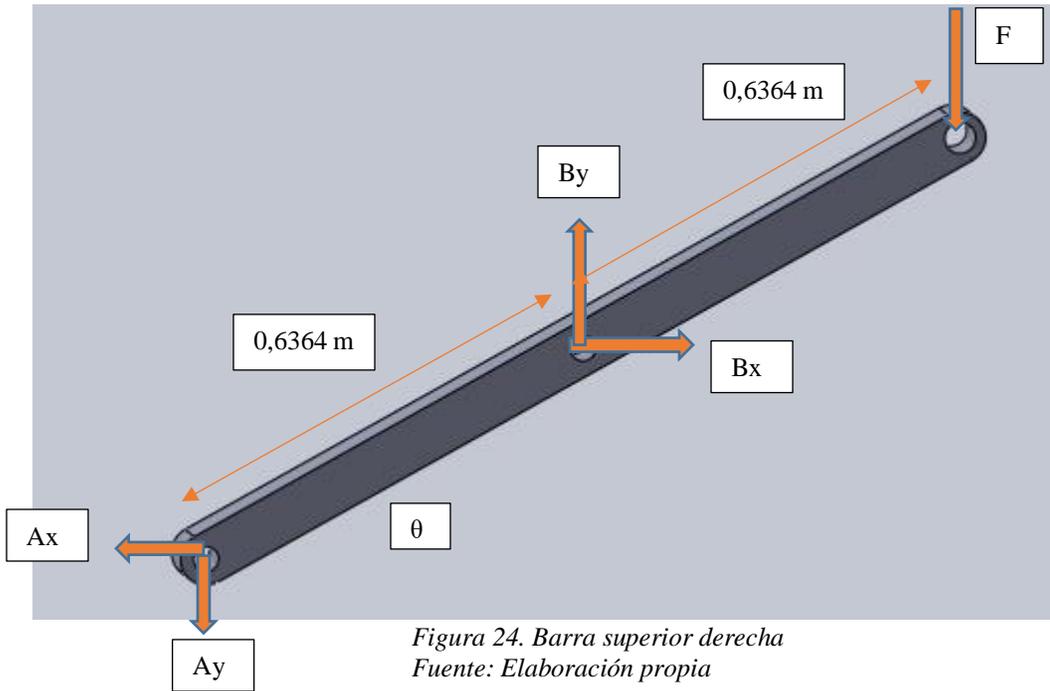
Para calcular la longitud de los brazos y sus medidas:



$$L = \sqrt{90^2 + 90^2} = 127,28 \text{ cm} \approx 1,2728 \text{ m}$$

$$\frac{L}{2} = 63,64 \text{ cm} \approx 0,6364 \text{ m}$$

$$\frac{L}{4} = 31,82 \text{ cm} \approx 0,3182 \text{ m}$$



Condiciones de equilibrio en el plano:

$$\sum F_x = 0$$

$$B_x - A_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$-F + B_y - A_y = 0$$

$$\sum MA = 0$$

$$-(F) * (0,9) + (B_y) * (0,45) - (B_x) * (0,45) = 0$$

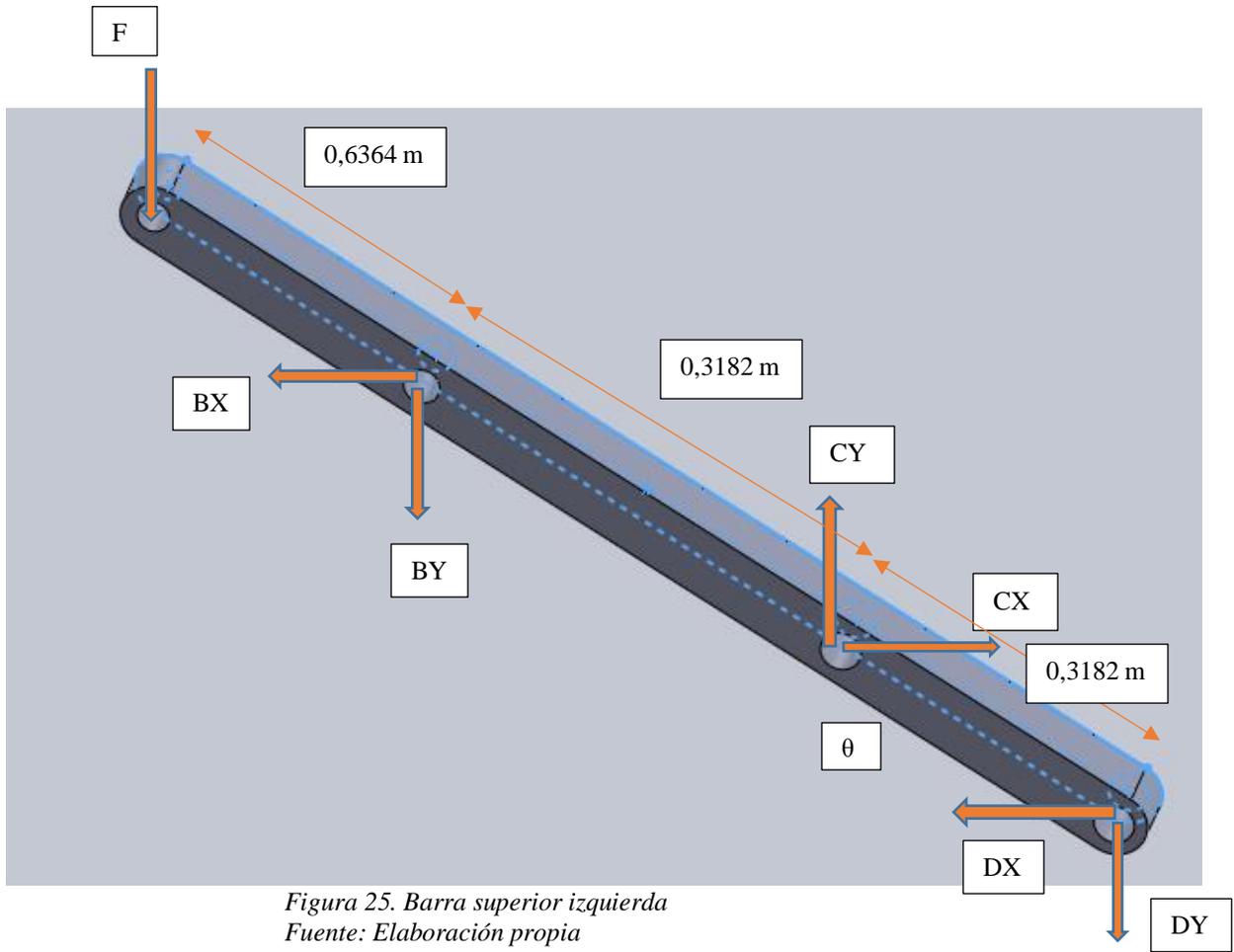


Figura 25. Barra superior izquierda  
Fuente: Elaboración propia

$$\sum F_x = 0$$

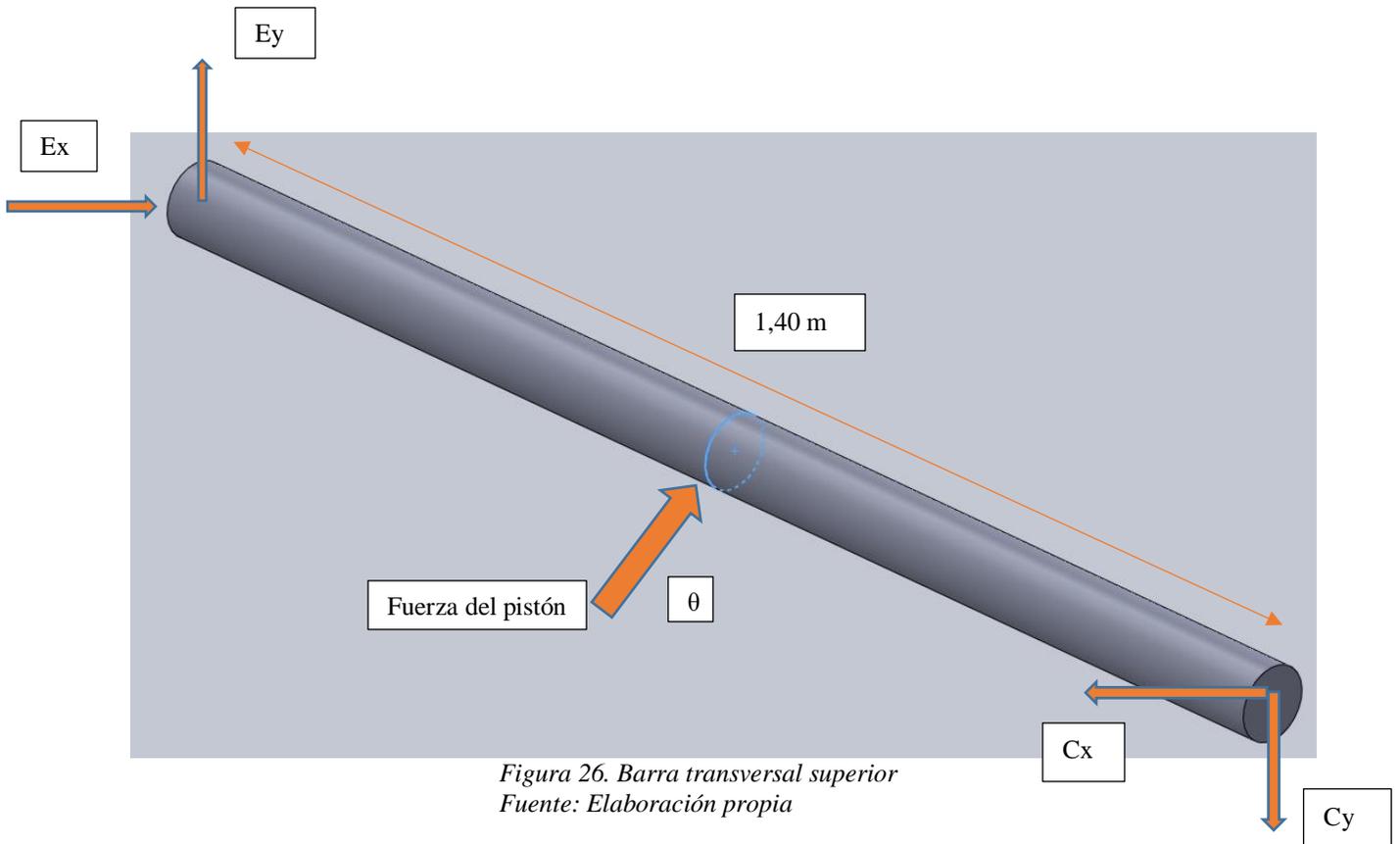
$$-B_x + C_x - D_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F - B_y + C_y - D_y = 0$$

$$\sum MD = 0$$

$$(F) * (0,9) + (B_y) * (0,45) - (C_y) * (0,2250) - (C_x) * (0,2250) + (B_x) * (0,45) = 0$$



$$\sum F_x = 0$$

$$-C_x + E_x - F_{\text{piston}} * \cos \theta = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$E_y - C_y + F_{\text{piston}} * \sin \theta = 0$$

$$\sum ME = 0$$

$$-(C_x) * (1,4)j - (C_y) * (1,4)k + (F_{\text{piston}} * \cos \theta) * (0,70)j + (F_{\text{piston}} * \sin \theta) * (0,70)k = 0$$

$$\sum M_y = 0$$

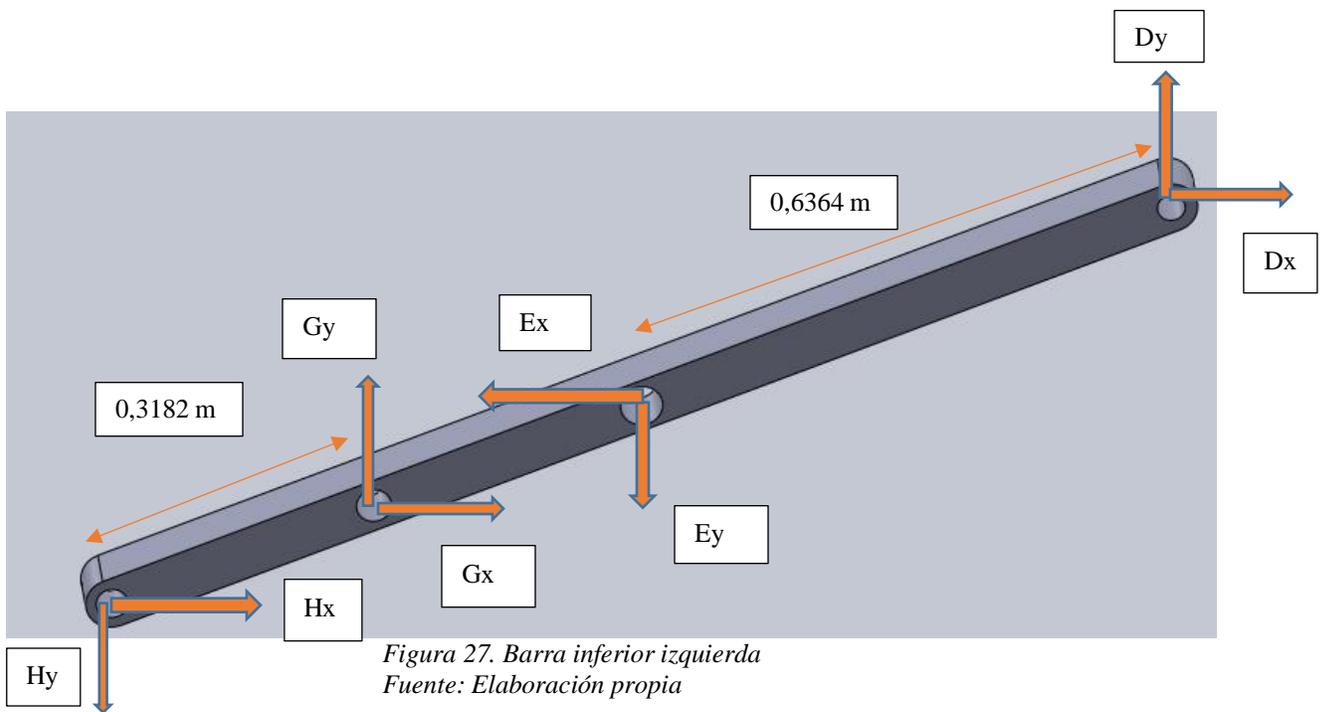
$$-(C_x) * (1,4)j + (F_{\text{piston}} * \cos \theta) * (0,70)j = 0$$

$$\sum M_k = 0$$

$$C_x = \frac{(F_{\text{pisto}} * \cos \theta) * (0,70)}{1,4}$$

$$-(C_y) * (1,4)k + F_{\text{piston}} * \sin \theta * (0,70)K = 0$$

$$C_y = \frac{(F_{\text{pisto}} * \sin \theta) * (0,70)}{1,4}$$



$$\sum F_x = 0$$

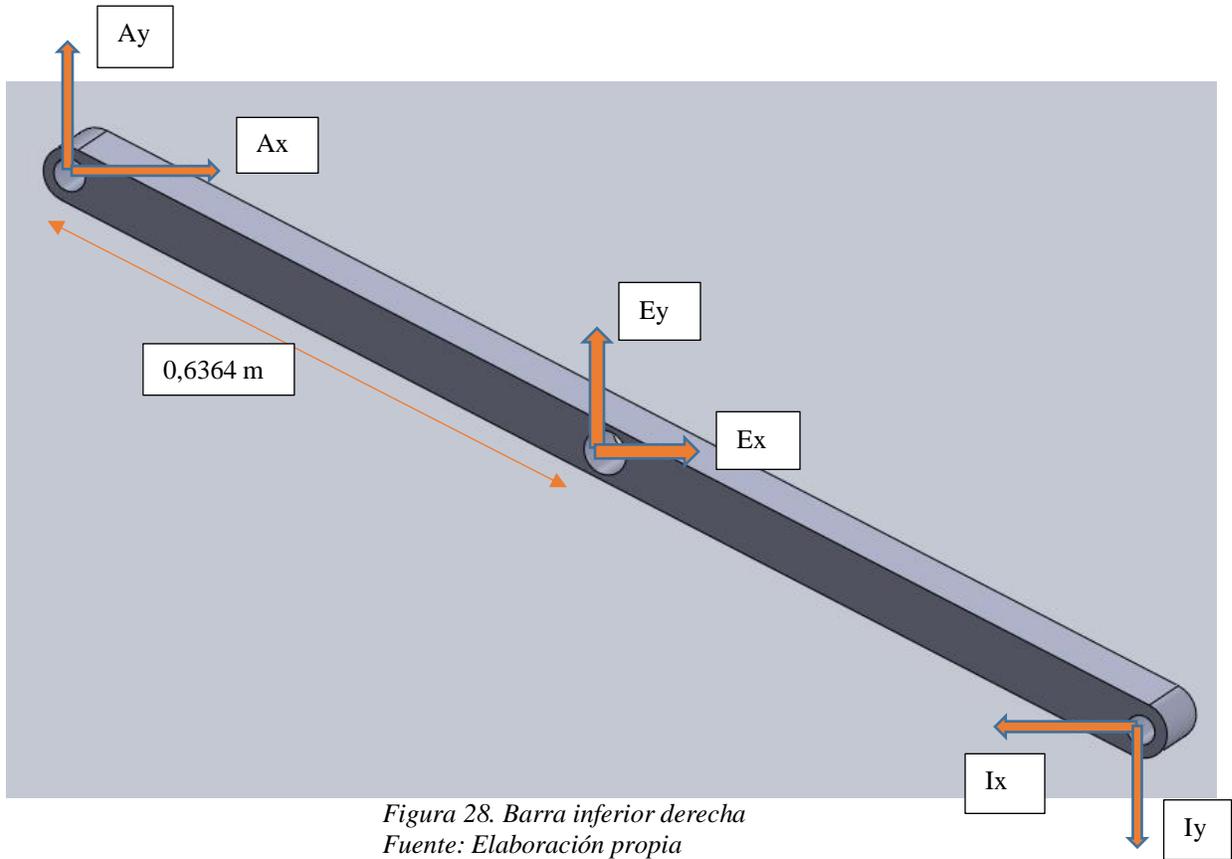
$$H_x + G_x - E_x + D_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$-H_y + G_y - E_y + D_y = 0$$

$$\sum M_H = 0$$

$$(Dy) * (0,9) - (Dx) * (0,9) + (Fx) * (0,45) - (Fy) * (0,45) + (Gy) * (0,2250) - (Gx) * (0,2225) = 0$$



$$\sum F_x = 0$$

$$Ax + Ex - Ix = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$Ay + Ey - Iy = 0$$

$$\sum MI = 0$$

$$-(Ax) * (0,9) - (Ay) * (0,9) - (Ey) * (0,9) - (Ex) * (0,9) = 0$$

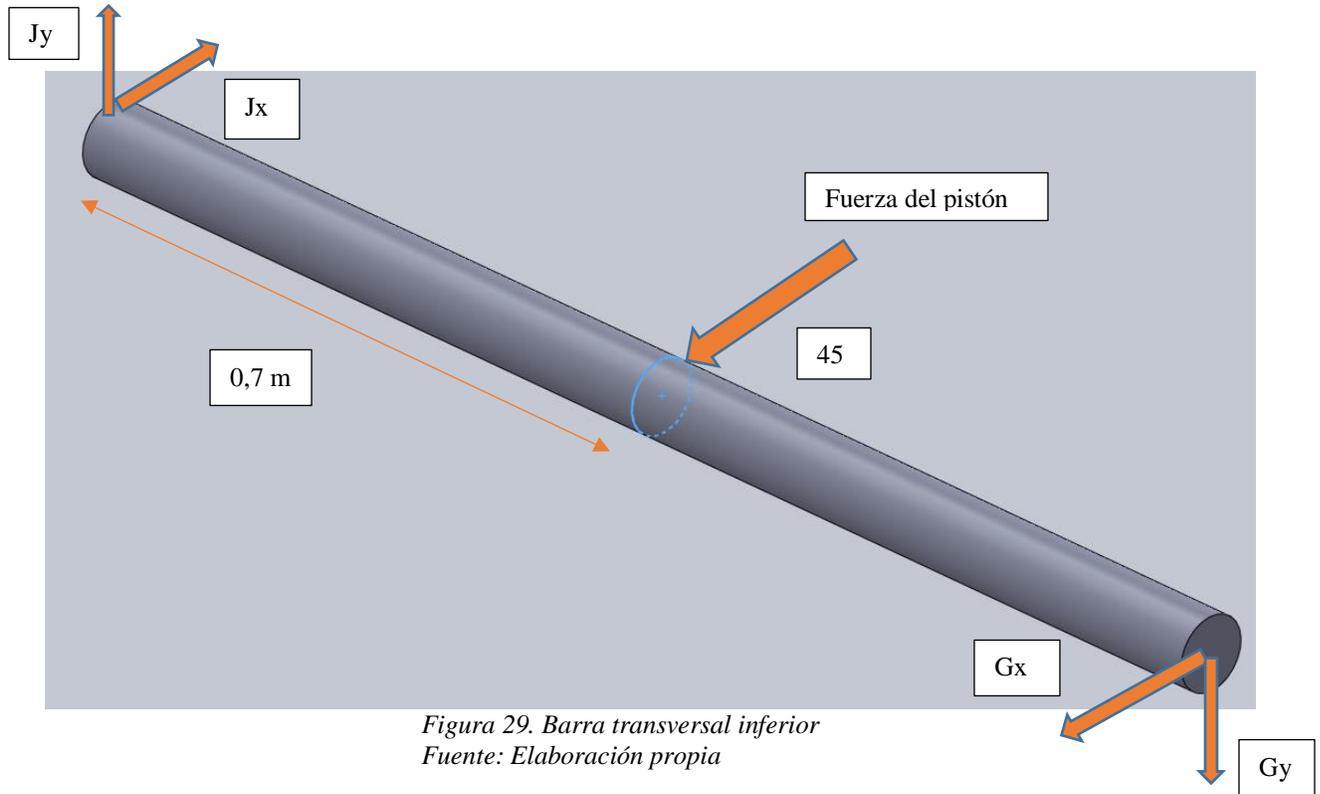


Figura 29. Barra transversal inferior  
Fuente: Elaboración propia

$$\sum F_x = 0$$

$$-J_x + G_x - F_{\text{piston}} \cdot \cos \theta = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$J_y - G_y - F_{\text{piston}} \cdot \sin \theta = 0$$

$$\sum M_J = 0$$

$$-(G_x) \cdot (1,4)y - (G_y) \cdot (1,4)K - (F_{\text{piston}} \cdot \cos \theta) \cdot (0,7)j - (F_{\text{piston}} \cdot \sin \theta) \cdot (0,7)K = 0$$

$$\sum M_y = 0$$

$$-(G_x) * (1,4)y - (F \text{ piston} * \cos \theta) * (0,7)j = 0$$

$$G_x = \frac{-(F \text{ piston} * \cos \theta) * (0,7)}{1,4}$$

$$\sum M_k = 0$$

$$-(G_y) * (1,4) - (F \text{ piston} * \sin \theta) * (0,7)K = 0$$

$$G_y = \frac{-(F \text{ piston} * \sin \theta) * (0,7)}{1,4}$$

6.3.2. Selección del Cilindro Hidráulico y Tipo de Bomba. Para resolver el sistema de ecuaciones se necesita conocer la fuerza que ejerce el cilindro sobre las barras transversales de la plataforma entonces:

- Se tomó un factor de seguridad de 2, por lo tanto la fuerza mínima que ejerza el pistón debe ser 2 veces el peso que se debe levantar.
- Con esta fuerza se calculó el diámetro del cilindro a utilizar y por correspondiente la presión mínima necesaria.
- Estas serían las ecuaciones que definirían las fuerzas que trabajan en cada uno de los elementos de la plataforma, desde su inicio hasta su altura máxima, pero  $\theta$  puede variar desde  $0 < \theta < 45$ .
- Se tomó como ángulo crítico  $\theta=45$  para obtener estos resultados, que es el punto más alto de la plataforma.



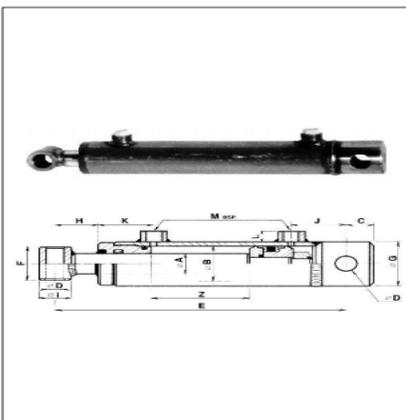
**STS**  
SUMINISTROS TÉCNICOS DEL SUR, S.A.

## CILINDROS ESTÁNDAR DOBLE EFECTO

2

**CILINDROS ESTÁNDAR DOBLE EFECTO**  
Características

2.1



Características Técnicas	
Presión Máxima	200 bar
Velocidad Máxima	0.5 m/s
Temperatura de Trabajo	-30° C / + 90° C

Estanqueidad	
Cabeza Cierre	
Collarín de poliuretano, rascador metálico y junta tórica.	
Pistón	
Junta compacta doble efecto.	

Materiales	
Vástago	
Acero F-114 cromado 25 micras.	
Tubo	
Acero ST-52 lapeado.	

Sugerencias	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ No realizar soldaduras sobre el tubo, ya que podría deformarse y causar problemas de fuga.</li> <li>■ No realizar soldaduras cercanas al cilindro para evitar proyecciones sobre el vástago.</li> <li>■ Para almacenamiento por tiempo prolongado a la intemperie, el vástago debe permanecer recogido en el interior del tubo o en su caso engrasado.</li> </ul>	

Figura 30. Cilindro de doble efecto  
Fuente: imagen tomada del catálogo de STS del 2003

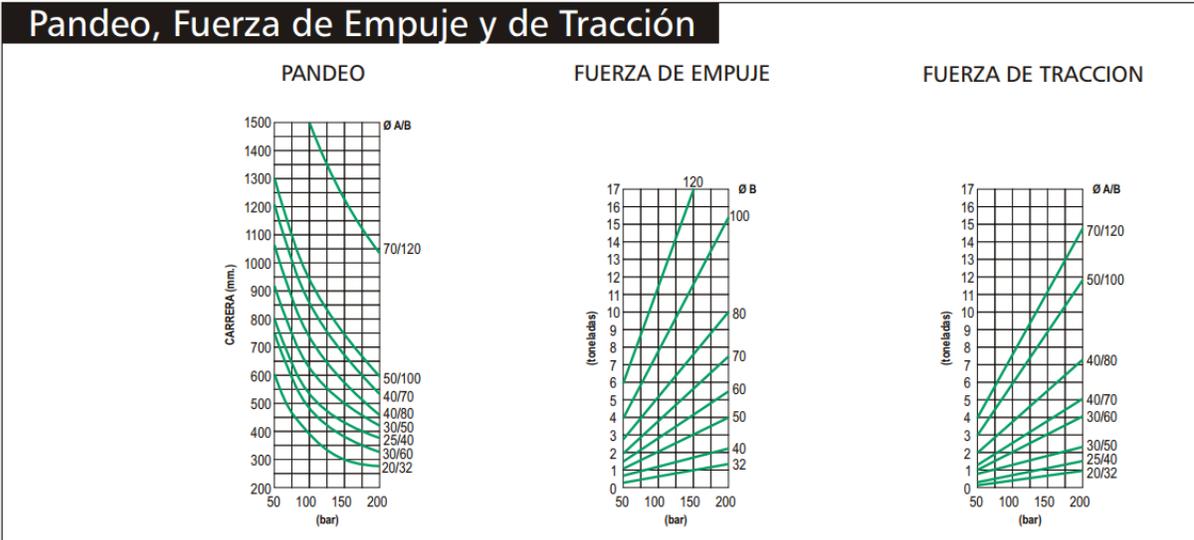


Figura 31. Fuerza ejercida por el pistón  
Fuente: imagen tomada del catálogo de STS del 2003

Tabla 1. Dimensiones de cilindro Hidráulicos

CODIGO	P.V.P. (€)	REF.	ØA mm	ØB mm	Z (carrera) mm	E mm	C mm	D mm	F mm	G mm	H mm	I mm	J mm	K mm	L mm	M mm	Vol. litros	Peso kg
CICFAAA		700/0.5	20	32	50	205	17	16	35	40	28	30	33	35	12	1/4	0.05	1.9
CICFAAB		700/1			100	255	17	16	35	40	28	30	33	35	12	1/4	0.11	2.2
CICFAAC		700/1.5			150	305	17	16	35	40	28	30	33	35	12	1/4	0.16	2.6
CICFAAD		700/2			200	355	17	16	35	40	28	30	33	35	12	1/4	0.21	2.9
CICFAAE		700/3			300	455	17	16	35	40	28	30	33	35	12	1/4	0.26	3.6
CICFAAI		700/7			700	855	17	16	35	40	28	30	33	35	12	1/4	0.31	3.9
CICFAAL		700/10			1000	1155	17	16	35	40	28	30	33	35	12	1/4	0.36	4.2
CICFABA		701/1	25	40	100	270	19	20.5	40	50	50	35	45	42	15	3/8	0.15	3.7
CICFABB		701/2			200	370	19	20.5	40	50	50	35	45	42	15	3/8	0.25	4.5
CICFABC		701/3			300	470	19	20.5	40	50	50	35	45	42	15	3/8	0.40	5.5
CICFABD		701/4			400	570	19	20.5	40	50	50	35	45	42	15	3/8	0.50	6.5
CICFABE		701/5			500	670	19	20.5	40	50	50	35	45	42	15	3/8	0.65	7.5
CICFABF		701/6			600	770	19	20.5	40	50	50	35	45	42	15	3/8	0.75	8.5
CICFABG		701/7			700	870	19	20.5	40	50	50	35	45	42	15	3/8	0.85	9.5
CICFABH		701/8			800	970	19	20.5	40	50	50	35	45	42	15	3/8	0.95	10.5
CICFABI		701/9			900	1070	19	20.5	40	50	50	35	45	42	15	3/8	1.05	11.5
CICFABJ		701/10			1000	1170	19	20.5	40	50	50	35	45	42	15	3/8	1.15	12.5
CICFABK		701/11			1100	1270	19	20.5	40	50	50	35	45	42	15	3/8	1.25	13.5
CICFABL		701/12			1200	1370	19	20.5	40	50	50	35	45	42	15	3/8	1.40	14.5

Fuente: información tomada del catálogo de STS del 2003

Los valores de las fuerzas internas de los elementos serán los siguientes, las cuales dependían de la fuerza ejercida por el cilindro hidráulico, el cual se tomó uno de doble efecto con una fuerza de 50 KN y una longitud de 70 cm, presión de 160 bar y un peso de 21 Kg, con estos datos se calcula las fuerzas internas en los demás elementos de la plataforma, utilizando el software EES los resultados fueron:

- Se calcula el valor de las fuerza con un cilindro que entrega una fuerza de 50 KN

Gy=-17677,66 N ; Gx= -17677,66 N ; Jy= 17687,67 N ; Jx=-53032,9 N ; Cx= 17677,66 N ; Cy: 17677,66N;

Ey=-17677,66 N ; Ex= 53032,9 N ; Ax= 12500,7 N ; lx=13760 N ; ly=14715 N ; Ay= 14730 N ; Fy=-11750N;

Fx=12380 N ; Dy=14750 N ; Dx=16780N ; Hx= 17650 N ; Hy=-14780 N ; By=12780 N ; Bx=-15650 N.

6.3.3. Tipo de Material y sus Dimensiones. Para el diseño se utilizara un acero A36 ASTM que es un acero estructural al carbono, utilizado en construcción de estructuras metálicas, puentes, torres de energía, torres para comunicación e edificaciones remachadas, atornilladas o soldadas, herrajes eléctricos y señalización. Las propiedades del acero ASTM A36 del diseño serán:

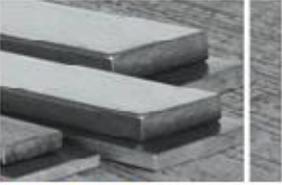
*Tabla 2. Propiedades del Acero A36*

Carbono (C)	0,26% máx
Manganeso (Mn)	No hay requisito
Fósforo (P)	0,04% máx
Azufre (S)	0,05% máx
Silicio (Si)	0,40% máx
* Cobre (Cu)	0,20% mínimo

*Fuente: (Castro, 2017)*

Como la mayoría de los aceros, el A36, tiene una densidad de 7850 kg/m<sup>3</sup> (0.28 lb/in<sup>3</sup>). El acero A36 en barras, planchas y perfiles estructurales con espesores menores de 8 in (203,2 mm) tiene un límite de fluencia mínimo de 250 MPA o 36 ksi y un límite de rotura mínimo de 410 Mpa (58 ksi). Las planchas con espesores mayores de 8 in (203,2 mm) tienen un límite de fluencia mínimo de 220 MPA o 32 ksi, y el mismo límite de rotura (Castro, 2017).

Las barras tendrán una forma rectangular, serán de dimensiones estándar según la empresa Diaco:



**Descripción**  
Barras con sección transversal rectangular de superficie lisa y laminadas en caliente.

**Normas de fabricación**  
NIT 1920 - ASTM A36 - SAE 1015.

**Longitud**  
6 metros.

**Ventajas y aplicaciones**

Dimensiones Nominales			Dimensiones Nominales		
Pulgadas	Milímetros	Peso Aprox. (kg/m)	Pulgadas	Milímetros	Peso Aprox. (kg/m)
1/2 x 1/8"	12,7 x 3,18	0,32	2 x 1/8"	50,8 x 3,18	1,27
1/2 x 3/16"	12,7 x 4,76	0,48	2 x 3/16"	50,8 x 4,76	1,90
3/4 x 1/8"	19,05 x 3,18	0,48	2 x 1/4"	50,8 x 6,35	2,53
3/4 x 3/16"	19,05 x 4,76	0,71	2 x 3/8"	50,8 x 9,53	3,00
3/4 x 1/4"	19,05 x 6,35	0,95	2 x 1/2"	50,8 x 12,7	3,00
1 x 1/8"	25,4 x 3,18	0,62	2 1/2 x 3/16"	63,5 x 4,76	2,49
1 x 3/16"	25,4 x 4,76	0,95	2 1/2 x 1/4"	63,5 x 6,35	3,17
1 x 1/4"	25,4 x 6,35	1,27	2 1/2 x 3/8"	63,5 x 9,53	4,75
1 x 3/8"	25,4 x 9,53	1,90	2 1/2 x 1/2"	63,5 x 12,7	6,33
1 x 1/2"	25,4 x 12,7	2,93	3 x 3/16"	76,2 x 4,76	2,99
1 1/4 x 1/8"	31,75 x 3,18	0,72	3 x 1/4"	76,2 x 6,35	3,80
1 1/4 x 3/16"	31,75 x 4,76	1,19	3 x 3/8"	76,2 x 9,53	5,70
1 1/4 x 1/4"	31,75 x 6,35	1,58			
1 1/2 x 1/8"	38,1 x 3,18	0,87			
1 1/2 x 3/16"	38,1 x 4,76	1,42			
1 1/2 x 1/4"	38,1 x 6,35	1,90			
1 1/2 x 3/8"	38,1 x 9,53	2,85			
1 1/2 x 1/2"	38,1 x 12,7	3,80			

Propiedades Mecánicas	NIT 1920 (A36)	
	kgf/cm <sup>2</sup>	Mpa
Resistencia a la Tracción (mínimo)	(415-501)	(400-501)
Límite de Fluencia (mínimo)	(250-30)	(250)
% de elongación mínima en 8 pulgadas para el sistema inglés, 0		20
200 mm para el SI		
% de elongación mínimo en 50 mm (2 pulgadas)		22

Figura 32. Dimensiones de barras rectangulares  
Fuente: Información obtenida del catálogo de DIACO S.A

Se calcula el esfuerzo de tensión normal en la barra que soporta la mayor carga y la menor, tomo una barra de 3/4\* 1/4 de acero A36 ASTM:

$$\sigma_{mayor} = \frac{53032,9 \text{ N}}{0,0001209675 \text{ m}^2} = 436 \text{ Mpa} > S_y \text{ material}$$

Con estas dimensiones la barra fallaría tomo otras dimensiones, como 1 1/2 \* 1/4 de in:

$$\sigma_{mayor} = \frac{53032,9 \text{ N}}{0,000241935 \text{ m}^2} = 219,3 \text{ Mpa} < S_y \text{ material}$$

$$\sigma_{menor} = \frac{11750 \text{ N}}{0,000241935 \text{ m}^2} = 48,56 \text{ Mpa} < S_y = 260 \text{ Mpa}$$

## 6.3.4. Análisis de las Barras como Viga

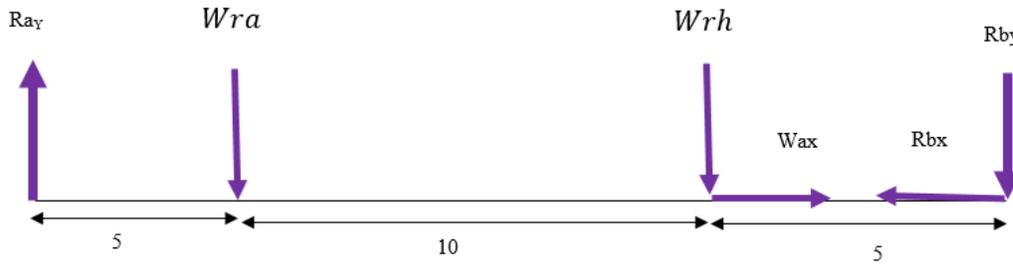


Figura 33. Diagrama de cuerpo libre de la barra  
Fuente: Elaboración propia

$$0 = W_{ah} - R_{bx}$$

$$R_{bx} = 320,57 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$0 = R_{ay} - W_{ra} - w_{rh} + R_{by}$$

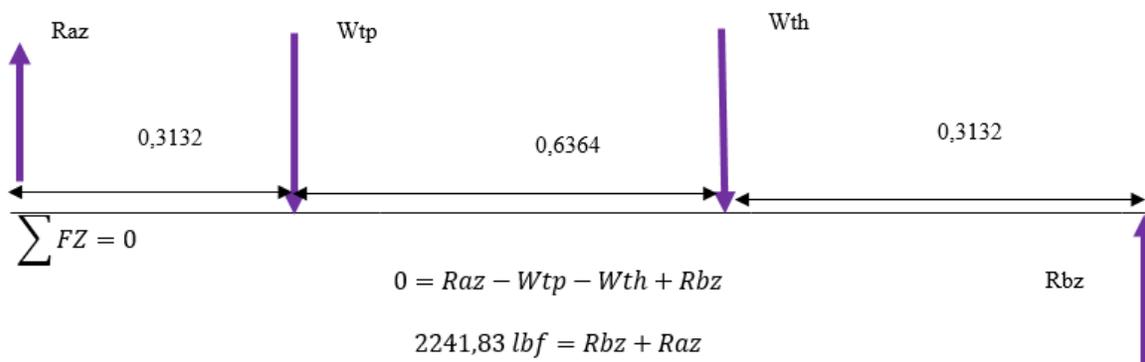
$$R_{ay} + R_{by} = 816,3185 \text{ N}$$

$$\sum M_a = 0$$

$$-w_{ra} * (0,6364) - W_{rh} * (0,3132) + R_{by} * (0,6364) = 0$$

$$R_{by} = \frac{261,0685 \text{ N} * (0,6364) - 555,25 \text{ N} * (0,3132)}{20} = -351,17 \text{ N}$$

$$R_{ay} = 1167,48 \text{ N}$$



$$\sum F_z = 0$$

$$0 = R_{az} - W_{tp} - W_{th} + R_{bz}$$

$$2241,83 \text{ lbf} = R_{bz} + R_{az}$$

Figura 34. Diagrama de cuerpo libre de la barra para el eje Z  
Fuente: Elaboración propia

$$\sum FZ = 0$$

$$0 = Raz - Wtp - Wth + Rbz$$

$$2241,83 \text{ lbf} = Rbz + Raz$$

$$\sum Ma = 0$$

$$-Wtp * (0,3132) - Wth * (0,6364) + Rbz(0,6364) = 0$$

$$Rbz = \frac{(717,28 * 5) + (1524,55 * 15)}{20} = 1322,7325 \text{ N}$$

$$Raz = 2241,83 \text{ N} - 1322,7325 \text{ N} = 919,0975 \text{ N}$$

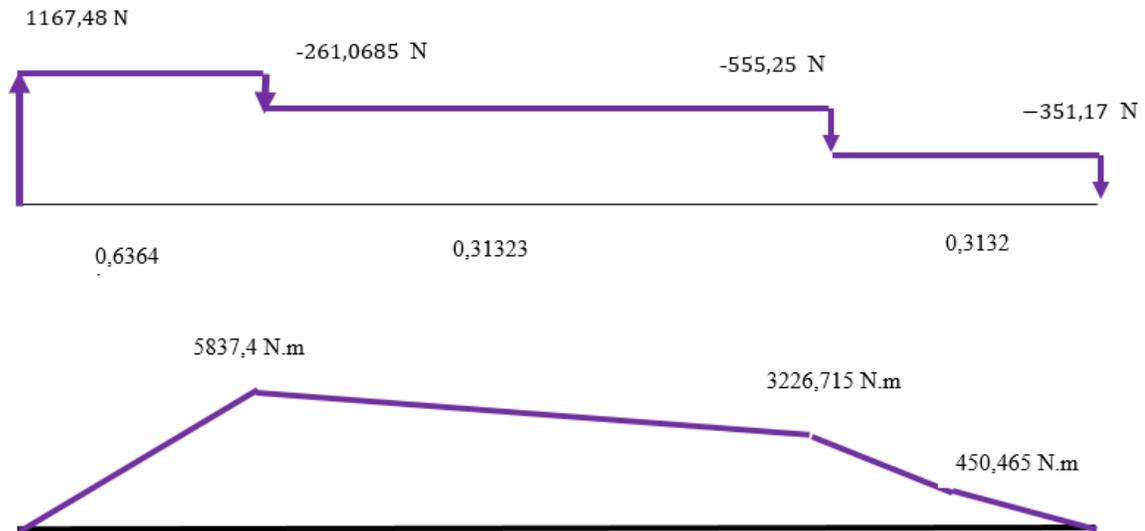


Figura 35. Diagramas de fuerza cortante y momento flector en el eje y  
Fuente: Elaboración propia

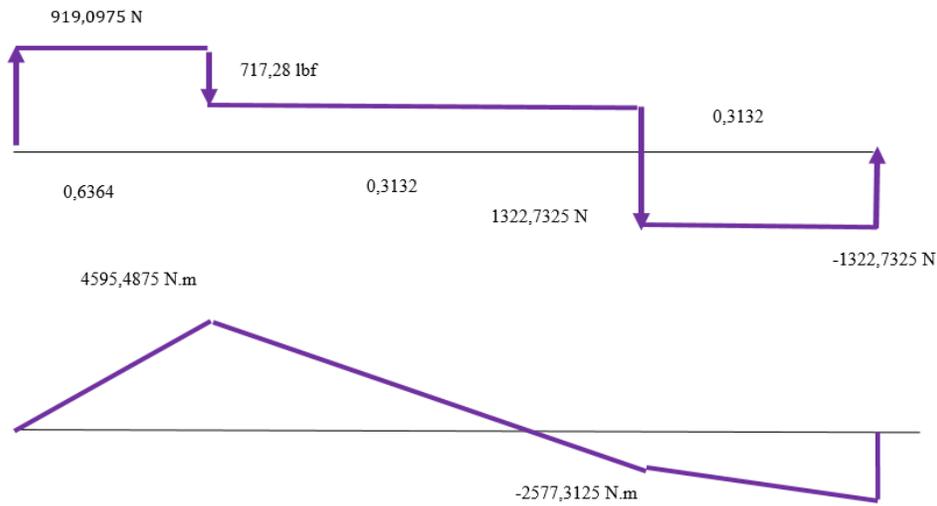
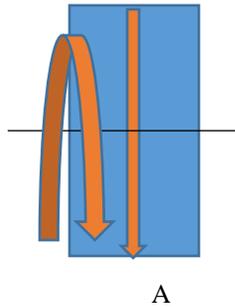


Figura 36. Diagrama de fuerza constante y momento flector para el eje Z  
Fuente: Elaboración propia

Los esfuerzos a los que estaría sometido las barras articuladas sería:



El punto A estaría sometido a un esfuerzo normal:

$$\sigma_A = \frac{M * C}{I} = \frac{5870 \text{ N.m} * 0,01905}{\frac{1 * 0,00635 * 0,0381^3}{12}} = 38,21 \text{ Mpa}$$

Según el esfuerzo de von-mises:

$$\sigma_A \leq \sigma' \leq \frac{S_y}{N} = \frac{260 \text{ Mpa}}{2} = 130 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

### 6.3.5. Diagrama de Sistema Hidráulico

El sistema hidráulico está representado en el siguiente diagrama de flujo:

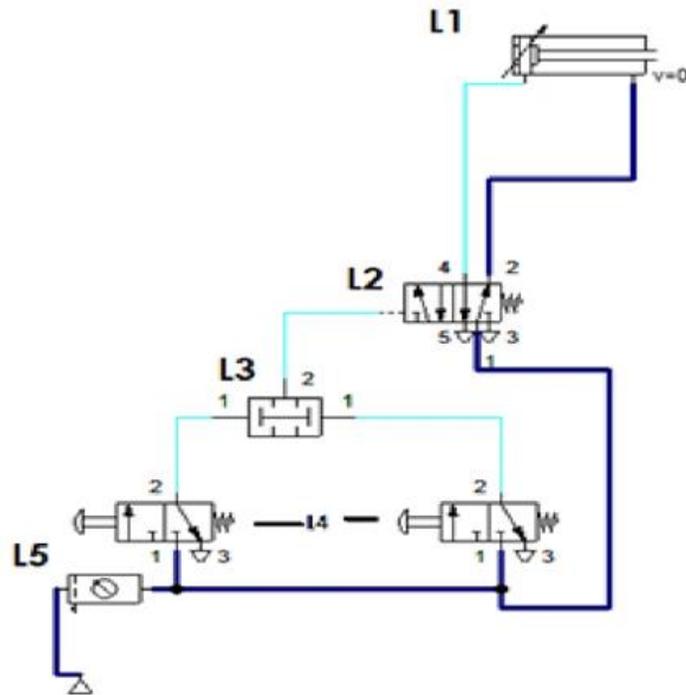


Figura 37. Sistema Hidráulico  
Fuente: Propia

## 6.3.6. Diseño definitivo



*Figura 38. Geometría del elevador definitiva*  
*Fuente: Elaboración propia*

## 7. CONCLUSIONES

Para el cumplimiento de los objetivos del presente trabajo de grado, fue necesario realizar consultas en fuentes secundarias de información, tales como información disponible en internet, en libros de diseño de máquinas y en catálogos de fabricantes de perfilierías. Para el diseño, se tuvo en cuenta algunas pautas encontradas en estos textos y se establecieron unas primeras condiciones de diseño.

Una vez establecidos estos factores de acuerdo con las especificaciones y restricciones, se consideraron las piezas que mayor importancia para el elevador. Para el diseño de esos elementos, se empleó el criterio de funcionalidad y de resistencia de materiales llevándose a cabo un análisis de los esfuerzos críticos o máximos a los cuales estaban sometidas cada una de esas piezas.

Para garantizar la seguridad de los operarios, se utilizó un factor de seguridad acorde con la funcionalidad de esta herramienta.

## 8. REFERENCIAS

- Beer, F. P. (2010). *Mecanica de Materiales*. Mexico: M Graw Hill.
- Castro, P. H. (2017). *Acero ASTM A36*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/89693272/Acero-ASTM-A36>
- Cattini. (2014). Recuperado el 26 de Marzo de 2017, de Cattini Oleopneumatica S.r.l.:  
<https://www.cattini.eu/es/yak/macacos-de-carrinho/yak-60q>
- Coccolo S.A. (2017). Recuperado el 20 de Abril de 2017, de <http://www.coccolo.com.ar/?portfolio=elevador-de-4-columns>
- Diacó. (2016). Recuperado el 7 de Marzo de 2017, de <https://www.gerdau.com.co/>
- Gomez, A. D. (20 de febrero de 2015). Obtenido de <http://evolucionindustrial23.blogspot.com.co/>
- Murillo, E. J. (2011). Recuperado el 12 de mayo de 2017, de  
<http://slideflix.net/doc/515427/caracterizaci%C3%B3n-de-un-elevador-tipo-tijera-para-veh%C3%ADculos>
- Nachi. (2017). Recuperado el 18 de Marzo de 2017, de <http://www.nachi.de/spanish/informaciones/catlogo.html>
- Pompeya, H. (2009). Recuperado el 5 de Abril de 2017, de <http://www.hidraulicapompeya.com.ar/producto/199--vaacutelvulas-hidraacuteulicas>
- Remolina, J. M. (2004). Recuperado el 8 de abril de 2017, de  
<http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/5691/2/119575.pdf>
- Sapiensman. (2013). Recuperado el Mayo 23 de 2017, de  
[http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica\\_hidraulica22.htm](http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica_hidraulica22.htm)
- Shideshare. (2014). Recuperado el Abril 22 de 2017, de <https://es.slideshare.net/loresalcedo2/montacargas-34524874>
- Shigley. (2008). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*. Mexico: McGraw-will.
- Slideshare. (2011). Obtenido de <https://es.slideshare.net/saulolaf/bombas-8188043>
- STS. (2003). *Suministros Tecnicos de Sur S.A*. Obtenido de  
<http://www.sts.es/archivos/PRODUCTOS/CATALOGO/CILINDROS%20HIDRAULICOS.pdf>
- Universidad de Salamanca. (2008). Recuperado el 3 de Abril de 2017, de  
<http://dim.usal.es/areaim/guia%20P.%20I/PAGINA%20CANGILONES.HTM>
- wikipedia. (2016). Recuperado el 12 de Mayo de 2017, de <https://es.wikipedia.org/wiki/Ascensor>
- wikipedia. (2017). Recuperado el Mayo 15 de 2017, de  
[https://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1lvula\\_antirretorno](https://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1lvula_antirretorno)