



## DEDICATORIA

A mis padres y hermanos que desde el principio de mi carrera estuvieron apoyándome para la culminación de mis estudios, a mi querida esposa Lorena que con su perseverancia y apoyo pudo hacer que esta meta se cumpliera, y de manera muy especial a mis hijos José Daniel y Dana Rafaela por ser la inspiración y el aliciente para la realización de este proyecto

*Danny Orellana M.*

A la memoria de mi padre y hermano, que los llevo en mi corazón como una vela encendida, a mi amada madre y hermanos que son mi fuente de inspiración, a mis familiares y amigos por creer en mí, y de manera especial a mi hermana Narcisa por su apoyo y comprensión,

*Vinicio Cáceres O.*

## **AGRADECIMIENTO**

Un agradecimiento muy especial a la Facultad de Ciencia y Tecnología en todo el personal docente de la Escuela de Ingeniería Mecánica, a las personas que de una u otra manera intervinieron en la realización de este trabajo, al Ing. Andrés López por su apoyo, y de manera especial al Ing. Fernando Guerrero por su dirección y guía.

## RESUMEN

Debido a la tecnificación de los talleres automotrices, se ha visto necesario la adquisición de más y mejores herramientas o en su defecto de la fabricación de las mismas, una de las más importantes es un mecanismo de elevación vehicular el cual optimizará el desempeño y la producción del taller,

La fabricación del mecanismo, se somete a un cálculo y diseño con un elevado factor de seguridad, y con materiales de alta calidad debido al trabajo con vidas humanas, en cuanto a los elementos hidráulicos, estos son de fabricación externa y la adquisición es en base a los cálculos realizados.

Con toda la experiencia adquirida durante el proceso de construcción se puede anotar que la fabricación es sencilla pero el costo es elevado, pudiendo ser mejorado fabricándolo en serie

## **ABSTRACT**

Due to the increasing technology of automotive workshop, the acquisition of more and better tools or their fabrication has been seen to be necessary. One of the most important is the hydraulic lift, which will optimize the output and production of the workshop.

The fabrication of the mechanism, with a calculation and design with a high level of safety and with high quality materials as it works with human lives was done with respect to the hydraulic elements, which are fabricated externally and the acquisition is based on the calculations done.

With all the experience acquired during the process of construction, it can be noted that the fabrication is easy, but the cost is elevated – it could be improved by building it in series

**ÍNDICE DE CONTENIDOS**

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Resumen.....	iv
Abstract.....	v
Índice de Contenidos.....	vi
Índice de Tablas.....	x
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Anexos.....	xiii
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I : FUNDAMENTO TEÓRICO</b>	
1.1. Principios físicos y oleohidráulicos.....	2
1.1.1. Hidrostática.....	2
1.1.1.1. Principio de Pascal.....	2
1.1.1.2. Presión.....	3
1.1.1.3. Fuerza.....	3
1.1.2. Hidrodinámica.....	3
1.1.2.1. Caudal.....	4
1.1.2.2. Ecuación de continuidad.....	4
1.1.2.3. Diferencia de presión.....	5
1.1.2.4. Régimen laminar y turbulento.....	5
1.1.2.4.1. Régimen laminar.....	6
1.1.2.4.2. Régimen turbulento.....	6
1.2. Grupo oleohidráulico.....	8
1.2.1. Fluido oleohidráulico .....	8
1.2.2. Viscosidad.....	9
1.2.3. Compresibilidad del aceite.....	10
1.2.4. Componentes oleohidráulicos.....	11
1.2.4.1. Central oleohidráulica.....	11
1.2.4.2. Válvula distribuidora 3/2.....	11
1.2.4.3. Válvula limitadora de presión.....	12
1.2.4.4. Cilindro de simple efecto.....	12
1.3. Análisis de movimiento.....	13
1.3.1. Definiciones. Terminología.....	13
1.3.2. Mecanismos planos.....	15

1.3.3. Movilidad.....	16
1.3.4. Tipo de mecanismo a utilizar.....	18

**CAPÍTULO II: SISTEMAS DE ELEVACIÓN VEHICULAR**

2.1 Tipos de sistemas de elevación.....	19
2.1.1 Neumáticos.....	20
2.1.2 Electrohidráulicos.....	21
2.1.3 Electromecánicos.....	22
2.2 Análisis de características.....	26
2.2.1 Datos Técnicos.....	27
2.3 Selección del equipo.....	28

**CAPÍTULO III : DISEÑO MECÁNICO**

3.1 Generalidades.....	31
3.2 Análisis cinemático.....	31
3.2.1 Esquema referencial del elevador.....	32
3.2.2 Determinación del grado de libertad del elevador.....	33
3.2.3 Determinación del tiempo de levantamiento del elevador.....	34
3.2.3.1 Cálculo de la aceleración angular ( $\alpha$ ).....	34
3.2.3.2 Cálculo de la velocidad angular ( $\omega$ ).....	35
3.2.3.3 Tabla de análisis de resultados.....	35
3.3 Cálculo y diseño de la plataforma.....	35
3.3.1 Análisis de fuerzas en el elevador .....	35
3.3.2 Diseño y Cálculo de la Plataforma.....	38
3.3.2.1 Cálculo de eje neutro en el perfil.....	38
3.3.3 Selección de los pernos de sujeción.....	42
3.3.3.1 Longitud del perno ( $L$ ).....	42
3.3.3.2 Rigidez del perno ( $Kb$ ).....	44
3.3.3.3 Cálculo de la constante de rigidez del elemento Sujetado ( $Km$ ).....	44
3.3.3.4 Cálculo de la constante ( $C$ ).....	45
3.3.3.5 Cálculo de la precarga ( $Fi$ ).....	45
3.3.3.6 Cálculo del factor de seguridad ( $n$ ). .....	45
3.3.4 Calculo de la masa, e Inercia.....	46
3.3.4.1 Eslabón 2.....	47
3.3.4.2 Eslabón 3.....	48

3.3.4.3	Eslabón 4.....	49
3.3.5	Cálculo de potencia del elevador.....	50
3.3.5.1	Potencia del Elevador.....	53
3.3.5.2	Cálculo de la velocidad lineal de salida del pistón.....	54
3.3.6	Cálculo de las dimensiones del eslabón 2(Columna).....	55
3.3.7	Análisis de fuerzas sobre el eslabón 2(Columna2).....	56
3.3.8	Dimensionamiento de la columna 2 a pandeo.....	57
3.3.9	Dimensionamiento de la suelda en la columna 2.....	58
3.3.10	Cálculo por Corte.....	59
3.3.11	Esfuerzos en la base metálica.....	61
3.3.12	Esfuerzo medio de aplastamiento.....	62
3.3.13	Determinación de la carga sobre el eslabón P1 (columna).....	63
3.3.14	Cálculo del momento de inercia producida por el peso ( $I_p$ ).....	64
3.3.15	Momento de inercia del soporte del elevador ( $I_{Acero}$ ).....	64
3.3.16	Selección de la base.....	65
3.3.17	Cálculo del momento de inercia producida por la carga axial ( $I_{ca}$ )....	66
3.3.17.1	Momento de inercia del acero seleccionado ( $I_{Acero}$ ).....	66
3.3.18	Cálculo de las uniones soldadas.....	67
3.3.18.1	Cálculo del factor de seguridad ( $n$ ).....	67
3.3.19	Cálculo del travesaño ( $T$ ).....	68
3.3.20	Cálculo de los momentos flectores ( $M_A$ y $M_B$ ).....	69
3.3.21	Cálculo de las reacciones ( $A_1$ y $A_2$ ).....	69
3.3.22	Cálculo del módulo de resistencia.....	69
3.3.23	Cálculo de la unión soldada.....	70
3.3.23.1	Cálculo de las reacciones ( $A_{1x}$ y $A_{2y}$ ).....	71
3.3.23.2	Cálculo del área del cordón de soldadura ( $A$ ).....	72
3.3.23.3	Cálculo del primer momento de inercia ( $I_v$ ).....	72
3.3.23.4	Segundo momento de inercia ( $I$ ).....	72
3.3.23.5	Esfuerzo cortante ( $T_t$ ) por acción de la carga $A_{1x}$ .....	73
3.3.24	Selección de los pasadores.....	73
3.3.24.1	Cálculo de la reacciones ( $A_1$ y $A_2$ ).....	74
3.3.24.2	Cálculo del momento flector en C ( $M_{FC}$ ).....	74
3.3.24.3	Cálculo del esfuerzo flexionante ( $\sigma_{flex}$ ).....	75
3.3.24.4	Cálculo del factor de seguridad ( $n$ ).....	75
3.3.25	Selección del pasador del émbolo.....	76
3.3.25.1	Cálculo de la reacciones ( $A_1$ y $A_2$ ).....	76
3.3.25.2	Cálculo del momento flector en C ( $M_{FC}$ ).....	77
3.3.25.3	Cálculo del esfuerzo flexionante ( $\sigma_{flex}$ ).....	77



3.3.25.4 Cálculo del factor de seguridad (n).....	78
3.4 Selección del grupo oleohidráulico.....	78
3.4.1 Selección del motor.....	78
3.4.2 Presión en el sistema (Ps).....	78
3.4.2.1 Cálculo del área del émbolo ( $A_e$ ).....	79
3.4.2.2 Cálculo de la presión del sistema ( $P_s$ ).....	79
3.4.3 Análisis de fuerzas sobre el Vástago.....	79
3.4.3.1 Cálculo de la carga de diseño ( $P_{crit}$ ).....	80
3.4.3.2 Cálculo del área del émbolo ( $A_{emb}$ ).....	80
3.4.3.3 Cálculo del momento de inercia ( $I_x, I_y$ ).....	81
3.4.3.4 Comprobación a pandeo.....	81
3.4.4 Selección de la barra de seguridad.....	82
3.4.4.1 Cálculo del momento de inercia producida por el peso ( $I_p$ )...	82
3.5 Requerimiento de materiales.....	84
3.6 Planos y detalles.....	84

**CAPÍTULO IV : CONSTRUCCIÓN DEL ELEVADOR**

4.1 Proceso de trabajo.....	85
4.2 Pruebas de funcionamiento .....	85
4.2.1 Prueba sin carga.....	86
4.2.2 Prueba con carga .....	87
4.3 Manual de uso y mantenimiento.....	87
4.3.1 Uso.....	87
4.3.1.1 Ficha técnica.....	89
4.3.2 Mantenimiento.....	89
4.3.2.1 El mantenimiento preventivo.....	90
4.3.2.2 El mantenimiento correctivo.....	91
4.4 Determinación de costos de fabricación.....	92

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 93**

**BIBLIOGRAFIA..... 94**

**ANEXOS..... 96**

**ÍNDICE DE DE TABLAS**

Tabla 1-1	Propiedades de los fluidos hidráulicos.....	9
Tabla 1-2	Compresibilidad del aceite.....	11
Tabla 1-3	Pares inferiores.....	15
Tabla 2-1	Elevadores de dos columnas.....	27
Tabla 2-2	Elevadores de columnas Independientes.....	27
Tabla 2-3	Elevadores de plataforma.....	27
Tabla 2-4	Elevadores de tijera.....	28
Tabla 2-5	Elevadores de cuatro columnas.....	28
Tabla 3-1	Análisis de tiempo y velocidad.....	35
Tabla 3-2	Análisis con diferentes medidas del perno.....	46
Tabla 4-1	Intervalos de mantenimiento.....	90
Tabla 4-2	Tabla de control.....	91

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Transmisión de presión.....	3
Figura 1.2 Ecuación de continuidad. ....	4
Figura 1.3 Diferencia de presión.....	5
Figura 1.4 Régimen Laminar.....	6
Figura 1.5 Régimen Turbulento.....	7
Figura 1.6 Central oleohidráulica.....	11
Figura 1.7 Válvula distribuidora 3/2.....	12
Figura 1.8 Válvula limitadora de presión.....	12
Figura 1.9 Cilindro de simple efecto.....	13
Figura 1.10 Par cinemático de un movimiento –De traslación-.....	14
Figura 1.11 Par cinemático de dos movimientos – cilíndrico.....	14
Figura 1.12 Cigüeñal y biela.....	16
Figura 1.13 Aplicaciones del criterio de movilidad de Kutzbach.....	17
Figura 1.14 Esquema de un mecanismo de paralelogramo.....	18
Figura 2.1 Elevador de plataforma neumático.....	20
Figura 2.2 Elevador de cuatro columnas.....	21
Figura 2.3 Elevador de tijera.....	22
Figura 2.4 Elevadores de columnas independientes, en reposo (a), en trabajo (b)...	23
Figura 2.5 Elevador de dos columnas, media altura (a), en reposo (b).....	25
Figura 2.6 Análisis de costo de energía.....	26
Figura 2.7 Modelo a construir.....	30
Figura 3.1 Simulación de movimiento en 2D.....	32
Figura 3.2 Puente Elevador.....	32
Figura 3.3 Dimensiones referenciales.....	34
Figura 3.4 Plataforma.....	35
Figura 3.5 Cálculo de momentos.....	37
Figura 3.6 Sección de la plataforma.....	38
Figura 3.7 Sección de la plataforma.....	39
Figura 3.8 Perno de sujeción.....	43
Figura 3.9 Longitud del perno.....	43
Figura 3.10 Eslabón 2.....	47
Figura 3.11 Eslabón 3.....	48
Figura 3.12 Eslabón 4.....	49
Figura 3.13 Ingreso de datos para el elevador a máxima altura.....	50
Figura 3.14 Ingreso de datos para el elevador en reposo. ....	51
Figura 3.15 Ingreso de datos para cálculo del torque.....	52

Figura 3.16 Cálculo del torque a $100^\circ$ .....	52
Figura 3.17 Cálculo del torque a $175^\circ$ .....	53
Figura 3.18 Cálculo de la fuerza a $175^\circ$ .....	55
Figura 3.19 Cálculo de la fuerza a $100^\circ$ .....	56
Figura 3.20 Análisis de fuerzas.....	56
Figura 3.21 Dimensionamiento columna 2.....	58
Figura 3.22 Base de la plataforma.....	65
Figura 3.23 Travesaño.....	68
Figura 3.24 Diagrama de cuerpo libre del travesaño (T).....	68
Figura 3.25 Detalle de la unión soldada.....	70
Figura 3.26 Corte transversal de la unión soldada.....	71
Figura 3.27 Unión de la U con los travesaños.....	74
Figura 3.28 Unión de la U con el émbolo.....	76
Figura 3.29 Cilindro.....	79
Figura 3.30 Diagrama de cuerpo libre del émbolo.....	80
Figura 3.31 Barra de seguridad.....	82
Figura 4.1 Botón de arranque.....	88
Figura 4.2 Válvula de alivio.....	89

**ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1. Planos y detalles (Auto CAD).....	96
Anexo 2. Hojas de proceso .....	115
Anexo 3. Tabla de materiales.....	140

Cáceres Ortuño, Luis Vinicio.  
Orellana Murillo, Danny Alexander.  
Trabajo de graduación.  
Ing. Fernando Guerrero Palacios.  
Julio, 2010.

## **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MECANISMO ASISTIDO ELECTROHIDRÁULICAMENTE PARA ELEVACIÓN DE VEHÍCULOS LIVIANOS**

### **INTRODUCCIÓN**

El aprovechamiento de la energía oleohidráulica en función de la capacidad de la multiplicación de fuerzas, indica un vínculo directo con las máquinas, de allí su importante relación con la rama del Diseño Mecánico. El presente trabajo se fundamenta en las disciplinas de: Oleohidráulica y Diseño Mecánico, las mismas que están estrechamente ligadas, ya que en el sistema del mecanismo elevador se analizará el requerimiento de diseño del mecanismo en función de las cargas.

Este Trabajo de Graduación inicia con una información convencional o básica en la que se expresa: leyes, principios físicos y teorías establecidas que son la base para posteriores investigaciones y avances. En lo que se refiere a oleohidráulica se expone: el principio de Pascal, fuerza, presión, caudal, viscosidad, elementos que conforman el grupo oleohidráulico.

Es importante anotar que en el grupo oleohidráulico se presenta una debida selección de todos sus componentes; sin embargo, en el diseño del mecanismo se parte de leyes y teorías determinadas que son la base para el cálculo y la construcción, sin olvidar la estética y por su puesto la seguridad del mecanismo.

## **CAPÍTULO I**

### **FUNDAMENTO TEÓRICO**

#### **1.1 PRINCIPIOS FÍSICOS Y OLEOHIDRÁULICOS**

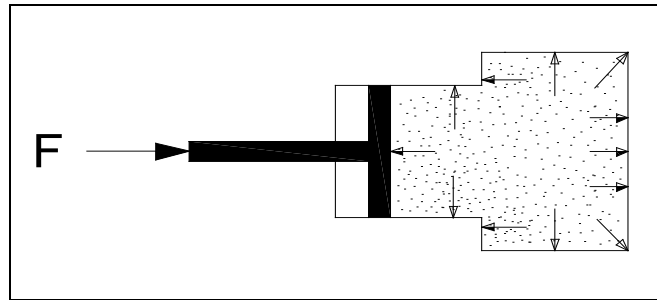
##### **1.1.1 Hidrostática**

Se llama hidrostática a la parte de la hidráulica que estudia el equilibrio de los líquidos. La hidrodinámica es la parte que estudia el movimiento de los mismos teniendo en cuenta las causas que producen tal movimiento. Las diferencias entre un líquido ideal, donde el rozamiento entre las partículas del mismo es inexistente, y un líquido real, donde sí existe rozamiento, se encuentra precisamente en la viscosidad del fluido. Dicha viscosidad solo importa en el movimiento de dicho fluido; en la hidrostática pueden aplicarse los mismos principios que rigen para los fluidos ideales.

##### **1.1.1.1 Principio de Pascal**

Toda variación de presión en un punto de un líquido en equilibrio se transmite íntegramente a todos los otros puntos del líquido, ver figura 1.1.

Figura 1.1 Transmisión de presión.



### 1.1.1.2 Presión

La presión es el cociente de una fuerza y el área -  $P=F/A$  -, le corresponde a un esfuerzo normal y su medida debe expresarse por el cociente de las unidades empleadas para medir estas magnitudes. Según el Sistema Internacional - S.I - la presión viene dada en  $N/m^2$ , recibiendo este cociente el nombre de Pascal - Pa -.

### 1.1.1.3 Fuerza

Es el empuje que se ejerce sobre un cuerpo. Se trata de una magnitud vectorial y, por consiguiente, se caracteriza por un módulo, una dirección y un sentido. Al aplicar una fuerza sobre un cuerpo, este adquiere una aceleración en la misma dirección y sentido de la fuerza. En el sistema SI, la fuerza es una magnitud derivada y se expresa en Newton - N -.

## 1.1.2 Hidrodinámica

Como en el caso de la hidrostática, al estudiar el movimiento del aceite en los sistemas oleohidráulicos se considerará éste un fluido ideal. Así las leyes fundamentales de la hidrodinámica clásica pueden ser aplicadas a este tipo de transmisión energética, afirmando así que la energía de un líquido oleohidráulico resulta, pues, realmente de su presión.



### 1.1.2.1 Caudal

Cuando un fluido circula por una tubería de sección recta con una velocidad, se define el caudal como el volumen de líquido transportado por unidad de tiempo, es decir.

$$Q=A.V \quad (1.1)$$

Donde:

Q = Caudal en m<sup>3</sup>/s

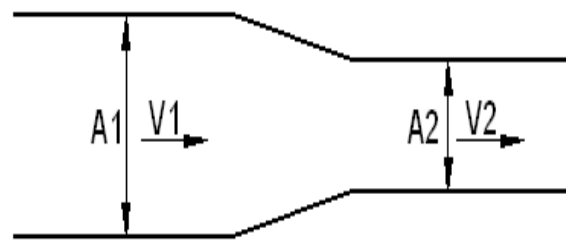
A = Área en m<sup>2</sup>

V = Velocidad en m/s

### 1.1.2.2 Ecuación de continuidad

En el caso de un fluido incompresible que fluye por una tubería de sección recta variable, se verifica en la figura 1.2.

Figura 1.2 Ecuación de continuidad.



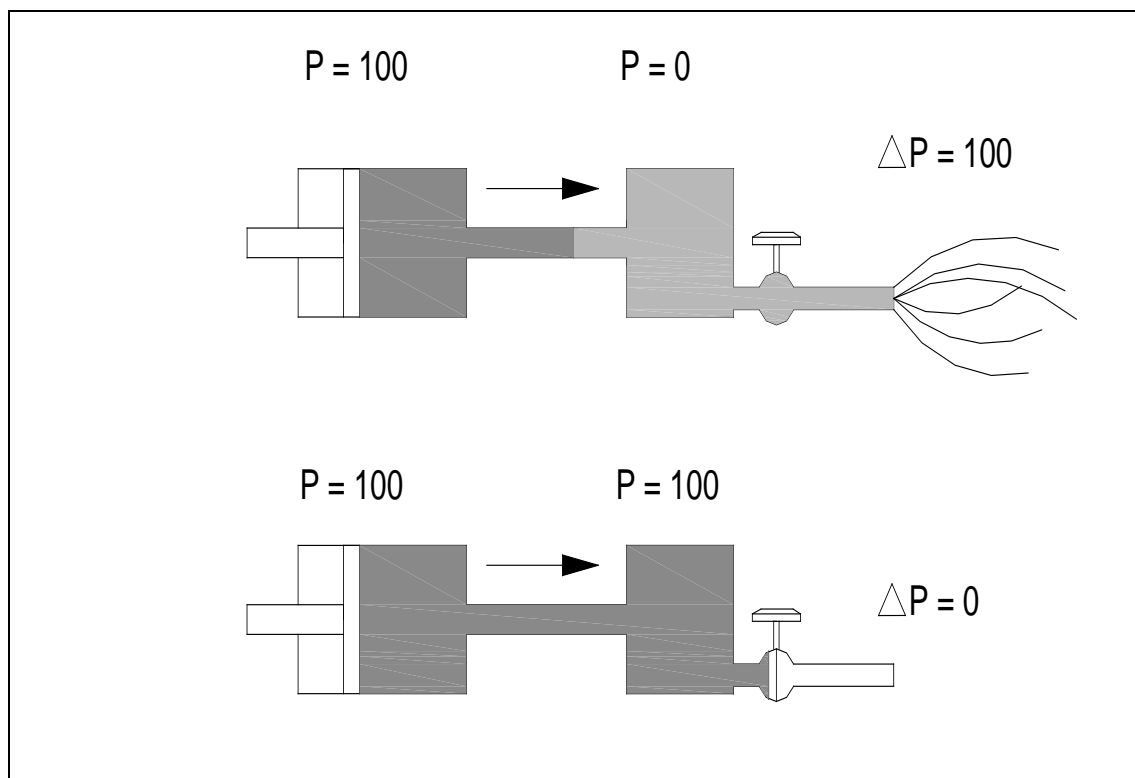
$$Q=A1.V1=A2.V2=\text{constante} \quad (1.2)$$

En donde V1 y V2 son las velocidades medias del fluido en las secciones rectas A1 y A2 respectivamente.

### 1.1.2.3 Diferencia de presión

Es la variación de presión entre dos puntos de un sistema: Si no hay una diferencia de presión entre dos puntos, tampoco habrá circulación de fluido entre ellos, ver figura1.3.

Figura 1.3 Diferencia de presión.



### 1.1.2.4 Régimen laminar y turbulento

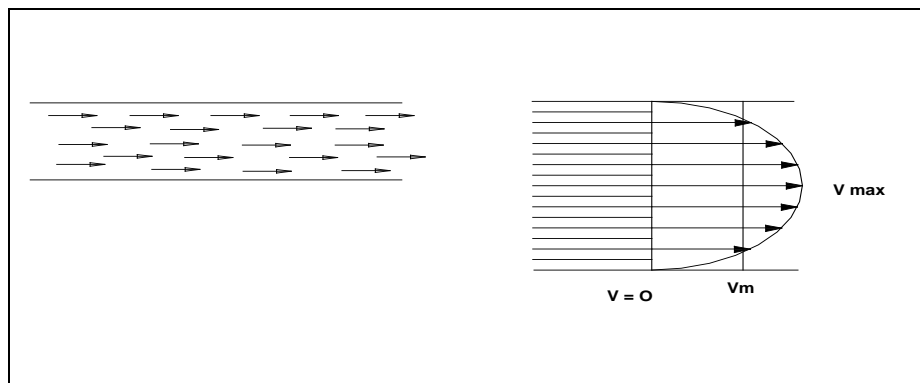
Al circular un líquido por un conducto tiene lugar una pérdida de carga como consecuencia de cierta resistencia que opone la pared interior de la tubería y el rozamiento interior entre las propias partículas de fluido. Respecto a la velocidad de circulación del fluido de acuerdo y como se comportan las partículas en su desplazamiento pueden considerarse dos tipos de régimen: laminar y turbulento.

#### 1.1.2.4.1 Régimen laminar

Aquí el fluido circula a velocidad reducida, con la característica que sus partículas se mueven en línea recta con trayectoria paralela al eje del tubo. Este tipo de flujo es el ideal en transmisiones oleohidráulicas; pero no siempre es posible.

Por otro lado en este tipo de régimen las partículas de aceite adherida a la superficie interior del tubo permanecen estacionarias - velocidad nula -. La velocidad de dichas partículas va aumentando desde la pared hasta el eje del tubo donde se hace máxima. Según la variación aproximada mostrada en la figura 1.4 se considera velocidad media de fluido ( $V_m$ ), a aquella velocidad supuestamente constante que haría circular un caudal determinado o volumen de líquido por unidad de tiempo.

Figura 1.4 Régimen Laminar.

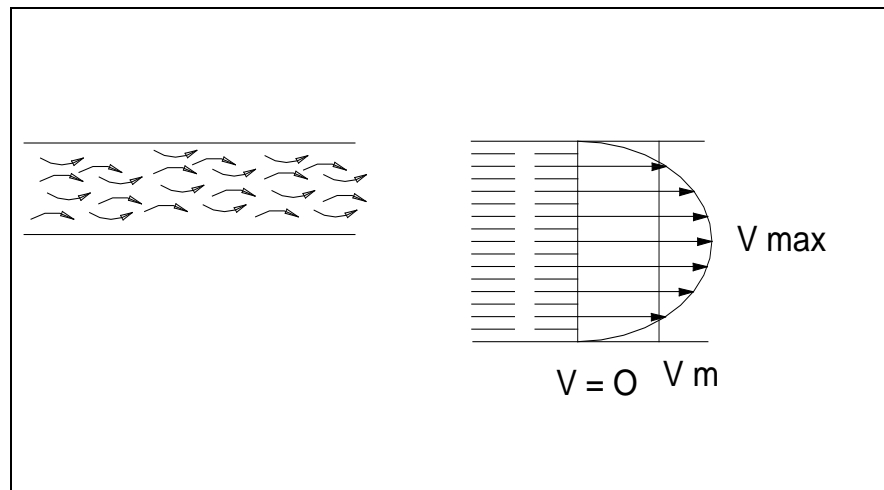


#### 1.1.2.4.2 Régimen turbulento

Cuando los valores de la velocidad media alcanzan y sobrepasan un determinado valor, se dice que ha llegado a lo que se determina velocidad crítica. A partir de allí las partículas están dotadas de un movimiento desordenado cambiando continuamente de dirección al entrecruzarse formando torbellinos, ver figura 1.5.

La distribución aproximada de las velocidades de las partículas donde también las velocidades en la pared del conducto son nulas, haciéndose máximas en el centro o eje geométrico longitudinal, pero con una variación en toda la sección algo distinta de la que se produce en el régimen laminar.

Figura 1.5 Régimen Turbulento.



El tipo de régimen existente en una tubería puede determinarse mediante el número característico de Osborne Reynolds,<sup>1</sup> que es adimensional y está referida a condiciones de sección circular, tal número se obtiene a través de la expresión:

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot d}{\mu \cdot g} \quad (1.3)$$

Donde:

$\rho$  = Peso específico del líquido en  $N/m^3$

$V$  = Velocidad media en el tramo correspondiente en  $m/s$ .

$d$  = Diámetro interior de la tubería en (m)

$\mu$  = Viscosidad absoluta o dinámica del fluido en  $N \cdot s/m^2$

$g$  = Aceleración de la gravedad en  $m/s^2$

<sup>1</sup> SERRANO NICOLAS ANTONIO, OLEOHIDRAULICA. Pág. 32

Investigaciones diversas demuestran que para tubos cilíndricos de pared lisa la velocidad crítica o velocidad de transición de un régimen laminar a uno turbulento se alcanza para un valor característico de Reynolds de 2300.

## **1.2 GRUPO OLEOHIDRÁULICO**

El grupo oleohidráulico, es un conjunto de elementos diseñados para cumplir una determinada función, en donde el fluido hidráulico - aceite mineral -, es el único componente imprescindible dentro del grupo.

### **1.2.1 Fluido Oleohidráulico**

El fluido hidráulico más utilizado en la actualidad es el aceite mineral, al que se le añaden ciertos aditivos que le proporcionan características especiales en función de las condiciones de servicio.

Entre las características imprescindibles que deben reunir los aceites se puede destacar entre otros, la capacidad de lubricar y refrigerar, deben ser anticorrosivos, antiespumantes, también deben poseer la capacidad de soportar altas presiones, absorber el ruido y las vibraciones que se producen en los circuitos, además antideflagrantes para usos donde predomine el riesgo de incendio.

La viscosidad a su vez deberá tener unos valores tales, que impidan que las partículas del fluido escapen por las uniones formadas por tuberías, racores y el resto de componentes del circuito.

Como complemento a esto es interesante mencionar un dato que es el peso específico. Al considerar ésta característica es preciso fijar la temperatura de referencia ya que tanto en el aceite como en otros elementos el peso específico o la densidad varía con el cambio de temperatura.

Como referencia la temperatura suele ser de 20 °C y el peso específico puede variar entre: 8430 y 9316 N/m<sup>3</sup>, dependiendo de las características específicas de cada uno de ellos.

El aceite debe tener también una elevada temperatura de ebullición que impida la evaporación del mismo cuando en el circuito se alcancen altas temperaturas de trabajo. A continuación la tabla 1.1 indica las propiedades de fluidos hidráulicos.

Tabla 1.1 Propiedades de los fluidos hidráulicos.

PROPIEDADES	ACEITE MINERAL	SOLUCIONES AGUA-GLICOL	EMULSIONES AGUA-ACEITE	ESTEREOFOSFATOS	HIDROCARBUROS AROMÁTICOS CLORADOS	SILICONAS
Peso específico N/m <sup>3</sup>	8472	10395	8982 – 9218	12503	14023	9120 - 10100
Inflamabilidad	alta	Ininflamable	Baja	Baja	Baja	ininflamable
Temperatura inflamabilidad en °C	220	Ninguna	Ninguna	260	215	100-150
Temp. Max. de servicio en °C	105	65	65	150	150	315-370
Poder Lubricante	muy bueno	Regular	Regular	muy bueno	Bueno	De regular a bueno
Poder Antioxidante	muy bueno	Regular	De regular a bueno	De regular a bueno	De regular a bueno	Regular
Contenido de agua en %	0,02	30-40	Min. 10	0,03	0,02	*****
Viscosidad General	De baja a muy baja	De baja a media	Baja	De baja a alta	De baja a alta	De baja a alta
Material de juntas	Goma sintética	Goma sintética	Goma sintética	Butilo o silicona	Butilo o silicona	Vitón hasta 230 °C

(Fuente: SERRANO NICOLÁS, Antonio, Óleo Hidráulica, Segunda Edición. Madrid. ES. Mc Graw Hill. 2002.)

### 1.2.2 Viscosidad

El índice de viscosidad da a conocer la resistencia al deslizamiento, que ofrecen las partículas entre sí. Cuando el aceite se desliza con dificultad es muy viscoso; mientras que si lo hace con cierta facilidad es bastante fluido. La temperatura influye sobre el índice de viscosidad de un aceite, por tanto un descenso de la viscosidad se produce por el aumento de la temperatura y viceversa.

Tal variación puede alterar de forma negativa algunas propiedades del aceite, ocasionando un funcionamiento anómalo en el circuito. En los aceites de transmisión oleohidráulica las viscosidades son algo más estables cuando se producen variaciones de temperatura. La viscosidad de un aceite para lubricar se especifica por las siguientes codificaciones: 5W, 10W, 20W, 30, 40, 50, etc. Según norma SAE. Es decir, el fluido es más denso conforme la numeración va subiendo.

### 1.2.3 Compresibilidad del aceite

A diferencia de los gases, los líquidos en general, y a efectos prácticos, se consideran incompresibles hasta presiones de unos 7000 KN/m<sup>2</sup>. En general esa escasa compresibilidad del aceite, apenas se tienen en cuenta en cualquier sistema oleohidráulico convencional.

Para hacerse una idea y tomando como base una presión de 7000 KN/m<sup>2</sup>, la compresibilidad del agua se sitúa en torno al 0,336 % y la de los aceites minerales, a la misma presión alrededor de 0,354 %. Es decir, suponiendo un volumen de 0.1m<sup>3</sup> a la presión indicada de 7000 KN/m<sup>2</sup>, en el caso del agua el volumen se reducirá a 0.09966 m<sup>3</sup>. y en el caso del aceite a 0.09964 m<sup>3</sup>. A continuación la tabla 1.2 indica la reducción de volumen en %.

Tabla 1.2 Compresibilidad del aceite.

Presión en KN/m <sup>2</sup> .	Reducción en volumen %
De 7000 a 35000	0,5
50000	1,7
60000	2,4
70000	3,1
80000	3,8
90000	4,5
100000	5,2

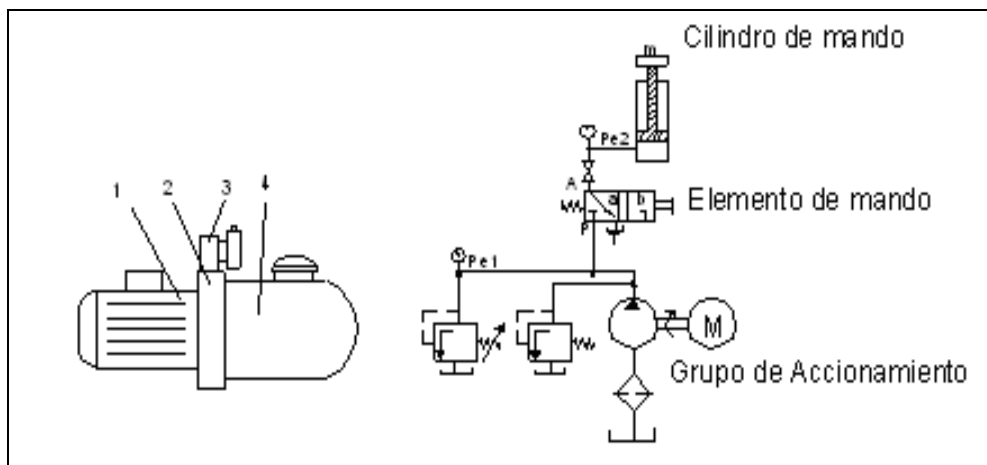
(Fuente; SERRANO NICOLÁS, Antonio, Óleo Hidráulica, Segunda Edición. Madrid. ES. Mc Graw Hill. 2002.)

## 1.2.4 Componentes oleohidráulicos

### 1.2.4.1 Central oleohidráulica

Se le conoce también como grupos generadores de presión, en el mercado se encuentran pequeñas centrales o mini centrales que integran todos los elementos necesarios para hacer funcionar un determinado mecanismo y consta: De un motor eléctrico - 1 - que puede ser de corriente continua o alterna, la bomba - 2 -, la electro válvula - 3 -, depósito - 4 - y algunos elementos auxiliares, ver figura 1.6.

Figura 1.6 Central oleohidráulica

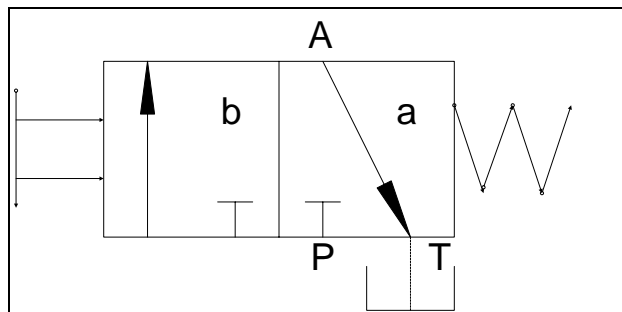


### 1.2.4.2 Válvula distribuidora 3/2

Es un elemento que distribuye el paso del líquido y hace posible el gobierno de los órganos de trabajo. Esta válvula permite la circulación del aceite en una dirección y al mismo tiempo cortar el paso en la otra dirección como muestra la figura 1.7. La corredera de la válvula 3/2 sin accionar cierra el paso de P hacia A y deja abierto el paso de A hacia T. Cuando se acciona la válvula, la corredera une la entrada de presión P con la vía de utilización A mientras el escape T queda bloqueado. Es utilizada para gobernar cilindros de simple efecto.



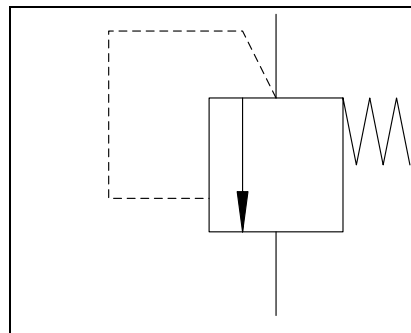
Figura 1.7 Válvula distribuidora 3/2.



#### 1.2.4.3 Válvula limitadora de presión

Su utilización tiene por objeto limitar la presión de trabajo a un valor máximo admisible. Debe colocarse inmediatamente detrás de la bomba, con el fin de evitar accidentes por un exceso de presión. En la figura 1.8 se indica el funcionamiento de la válvula

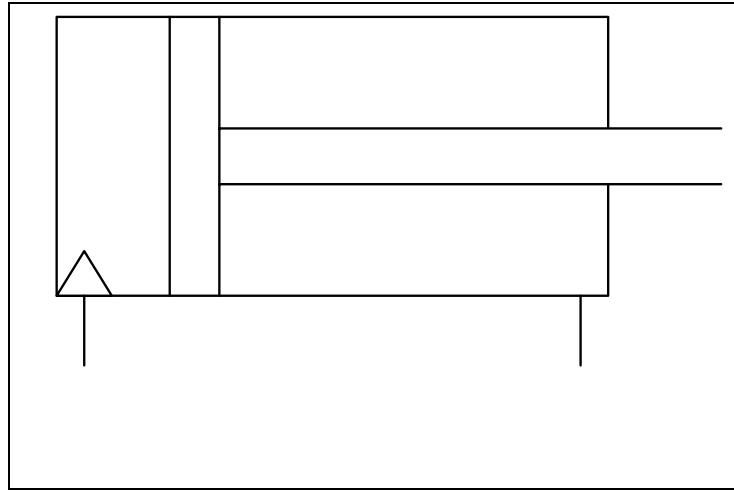
Figura 1.8 Válvula limitadora de presión.



#### 1.2.4.4 Cilindro de simple efecto

Estos cilindros transforman la energía de presión del fluido en un movimiento rectilíneo. Cuando el impulso activo del fluido se produce en un solo sentido, el cilindro se llaman de simple efecto. La recuperación se realiza por muelle o por acción externa. Ver figura 1.9.

Figura 1.9 Cilindro de simple efecto.



### 1.3 ANÁLISIS DEL MOVIMIENTO

#### 1.3.1 Definiciones. Terminología

Recordando la definición de Reuleaux de un mecanismo es evidente que se necesita tener una cadena cinemática cerrada con un eslabón fijo, se da a entender que se elige como marco de referencia, una vez que se estipula el eslabón de referencia la cadena cinemática se convierte en mecanismo, del mismo modo, la única función cinemática de una articulación o par es determinar el movimiento entre los eslabones conectados, ver figura 1.10, 1.11.

Figura 1.10 Par cinemático de un movimiento –De traslación–

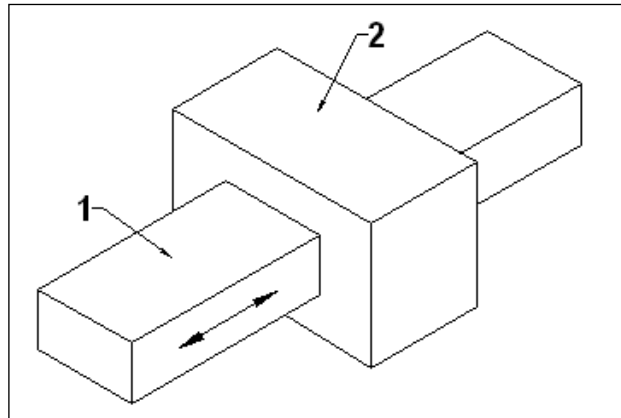
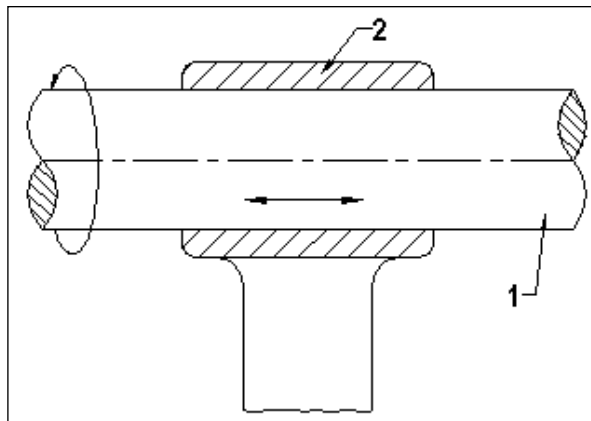


Figura 1.11 Par cinemático de dos movimientos – cilíndrico-



Cuando se plantea un problema de cinemática, es necesario reconocer el tipo de movimiento relativo permitido en cada uno de los pares y asignarle algún parámetro variable para medir o calcular el movimiento. Se tendrán tantos parámetros de esta índole como grados de libertad tenga la articulación en cuestión, y se les conoce con el nombre de variables del par.

De donde, la variable de par de una articulación de pasador será un solo ángulo medido entre rectas de referencia fijas en los eslabones adyacentes, mientras que un par esférico tendrá tres variables de par (todas ellas ángulos) para especificar su rotación tridimensional. Reuleaux dividió los pares cinemáticos en inferiores y superiores.

Entre los pares superiores tenemos los dientes de engrane acoplados, una leva, una bola que rueda sobre una superficie plana, etc., entre los pares inferiores debemos hacer notar que en la articulación del pasador, los elementos del par hacen contacto en una superficie, tabla 1.3. En tanto que los superiores el contacto entre las superficies elementales es en una línea o en un punto.

Tabla 1.3 Pares inferiores

Par	Grados de libertad	Movimiento Relativo
Revoluta	1	Circular
Prisma	1	Lineal
Tornillo	1	Helicoidal
Cilíndrico	2	Cilíndrico
Esfera	3	Esférico
Plano	3	Plano

Tal y como se definió antes el término mecanismo se puede referir a una amplia variedad de dispositivos que incluyen tanto pares superiores como inferiores.

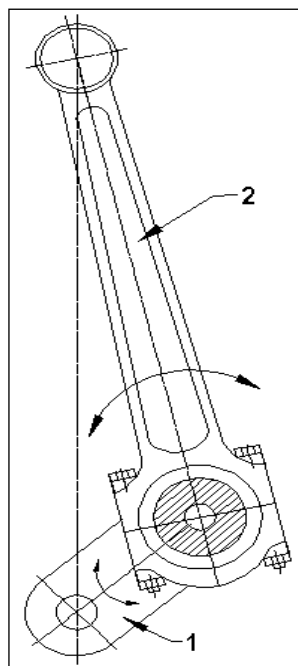
### 1.3.2 Mecanismos planos

Un mecanismo plano es aquel en el que todas las partículas describen curvas planas en el espacio y todas estas se encuentran en planos paralelos; en otras palabras, los lugares geométricos de todos los puntos son curvas planas paralelas a un solo plano común.

Esta característica hace posible que el lugar geométrico de cualquier punto elegido de un mecanismo plano se represente con su verdadero tamaño y forma real en un

solo dibujo la como indica figura 1.12. La transformación del movimiento de cualquier mecanismo de esta índole se llama coplanar.

Figura 1.12 Cigüeñal y biela



### 1.3.3 Movilidad

Una de las principales preocupaciones dentro del diseño o del análisis de un mecanismo, es el número de grados de libertad conocido también como movilidad del dispositivo. La movilidad de un mecanismo es el número de parámetros de entrada (casi siempre variables del par) que se deben controlar independientemente con el fin de llevar al dispositivo a una posición en particular. Considerando el número de eslabones, la cantidad y tipos de articulaciones que incluye se puede desarrollar una relación, considérese que antes de conectarse

entre si cada eslabón de un mecanismo plano posee tres grados de libertad cuando se mueven en relación a un eslabón fijo; por consiguiente sin contar este último, un mecanismo plano de  $n$  eslabones posee  $3(n-1)$  grados de libertad antes de conectar cualquiera de las articulaciones.

Al conectar una articulación con un grado de libertad, como por ejemplo, un par de revoluta se tiene el efecto de proveer dos restricciones entre los eslabones conectados. Si se conecta un par con dos grados de libertad, se proporciona una restricción.

Donde se usa  $j_1$  para denotar el número de pares de un solo grado de libertad y  $j_2$  para el número de pares con dos grados de libertad. La movilidad  $m$  de un mecanismo plano de  $n$  eslabones esta dado por:

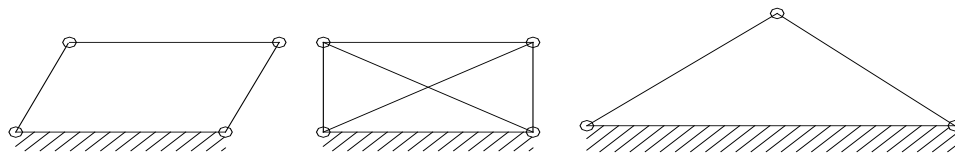
$$m = 3(n-1) - 2j_1 - j_2 \quad (1.4)$$

Donde:

- $m$  = Movilidad
- $j_1$  = Pares de un solo grado de libertad
- $j_2$  = Pares con dos grados de libertad
- $n$  = Número de eslabones

Esta ecuación se conoce como Criterio de *Kutzbach*. Si el criterio de Kutzbach da  $m > 0$  el mecanismo posee  $m$  grados de libertad. Si  $m = 1$  el mecanismo se puede impulsar con un solo movimiento de entrada figura 1.13 a. Si  $m = 2$  entonces se necesita dos movimientos de entrada separados para producir el movimiento. Si  $m = 0$  el movimiento es imposible y el mecanismo forma una estructura figura 1.13 c. Si  $m = -1$  o menos entonces hay restricciones redundantes en la cadena cinemática y forma una estructura estáticamente indeterminada como indica la figura 1.13 b.

Figura 1.13. Aplicaciones del criterio de movilidad de Kutzbach

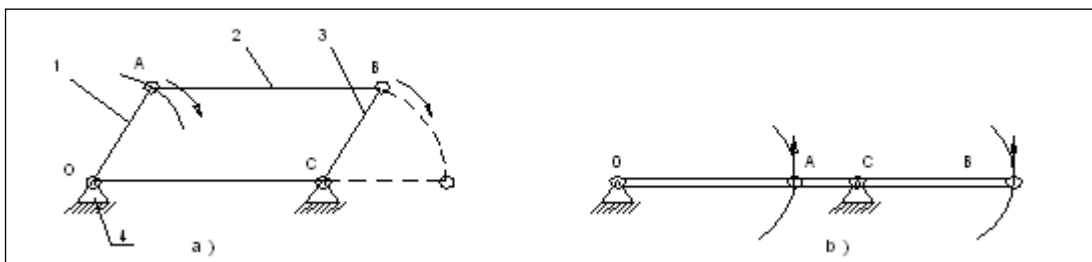


$n=4$	$j_2=0$	$n=6$	$j_2=0$	$n=3$	$j_2=0$
$j_1=4$	$m=1$	$j_1=8$	$m=-1$	$j_1=3$	$m=0$
$m = 3(4-1)-2 \times 4-0$		$m = 3(6-1)-2 \times 8-0$		$m = 3(3-1)-2 \times 3-0$	
$m = 9-8$		$m = 15-16$		$m = 6-6$	
$m = 1$		$m = -1$		$m = 0$	
Un mov. Entrada		Indeterminación		Estructura	
(a)		(b)		(c)	

**1.3.4 Tipo de mecanismo a utilizar**

El mecanismo plano del paralelogramo, indicado en la figura 1.14 a. Transmite un movimiento uniforme del elemento 2 –accionado por el pistón- a los elementos 1 y 3. En este mecanismo  $OA = CB$ ,  $AB = OC$  la velocidad del punto A es igual a la velocidad del punto B. El mecanismo llega a ocupar la posición extrema figura 1.14 b. Cuando todos los elementos se disponen en línea recta –reposo-.

Figura 1.14 Esquema de un mecanismo de paralelogramo



## **CAPÍTULO II**

### **SISTEMAS DE ELEVACIÓN VEHICULAR**

#### **2.1. TIPOS DE SISTEMAS DE ELEVACIÓN**

El esfuerzo físico realizado por el hombre dentro de cualquier trabajo se ve limitado muchas veces por la capacidad de carga de allí su preocupación por tratar de implementarse de máquinas y herramientas que satisfagan sus necesidades. Un ejemplo tan claro como primitivo es el uso de la palanca que sirve para mover grandes cargas y que lo seguimos utilizando de una u otra manera, como también las poleas, los planos inclinados, los rodillos, todos estos en el caso de elevación de carga. Presentando de esta manera un concepto de elevador: “los dispositivos transportadores que desplazan carga en dirección vertical o próximas, se llaman elevadores”<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> MIRAVETE, TRANSPORTADORES Y ELEVADORES Pág. 10.



En nuestro medio es poco difundido los elevadores de uso automotriz puesto que están a un alcance limitado debido a su costo elevado. Haciendo un poco de historia no es sino hasta 1925, cuando la empresa Rotary Lift lanza al mercado el primer elevador de autos, el técnico Peter Lunati buscaba la forma para reparar automotores de una manera cómoda y se inspiró en la silla del barbero y se dijo, si esto eleva personas ¿Por qué no elevar autos? Desde ese tiempo hasta ahora hay muchas empresas que fabrican elevadores de autos de diferentes tipos y modelos según la necesidad, teniendo entre ellos: Neumáticos, electrohidráulicos, electromecánicos.

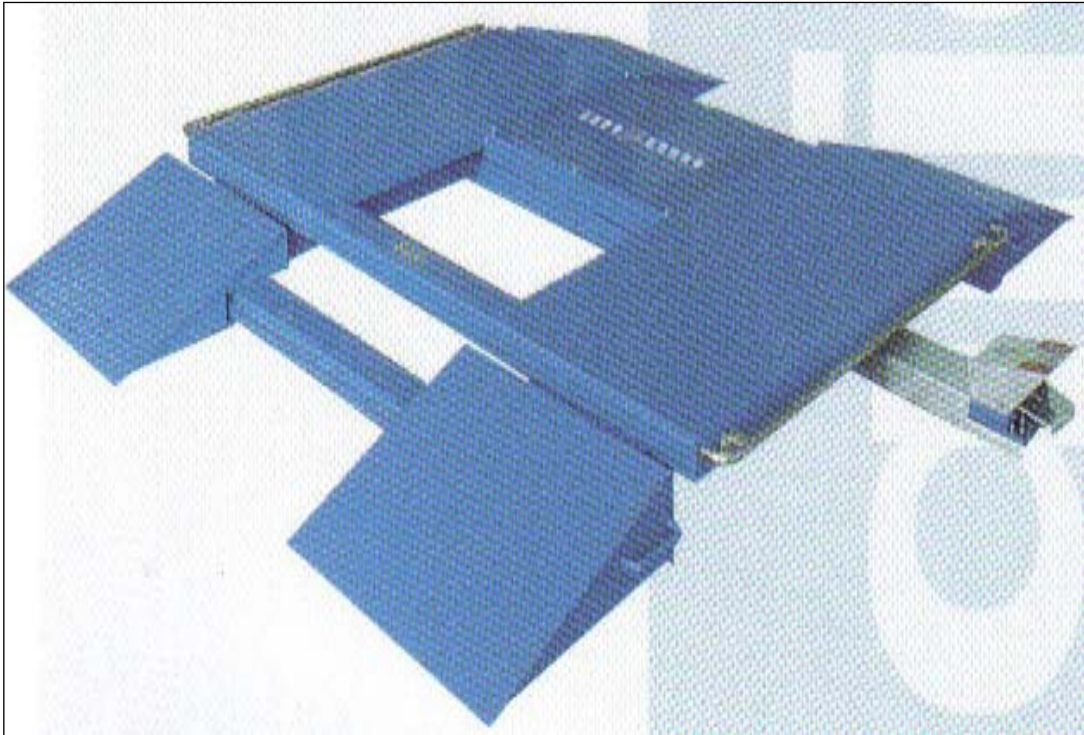
Así el trabajo aportado por el ser humano en la industria no sería cómodo y efectivo si se prescindiera de estas herramientas que complementan y armonizan el entorno laboral.

### **2.1.1 Neumáticos**

Estos elevadores necesitan de un suministro de energía que es el aire comprimido el mismo que le proporciona un compresor, su uso es en el enllantaje debido a la rápida colocación del automóvil en la plataforma e inmediata elevación -7 segundos-, alcanzando una altura de 360 mm. con la característica de poseer una robusta plataforma de carga debidamente dimensionada, la que es activada por cuatro cilindros y tiene rampas móviles, las mismas que se pueden retirar una vez que el auto esté elevado, brindando así mayor espacio de trabajo.

Su uso es para vehículos comerciales ligeros con una capacidad de carga de dos toneladas; se manejan presiones de trabajo de hasta 1200 KN/m<sup>2</sup>, ver figura 2.1.

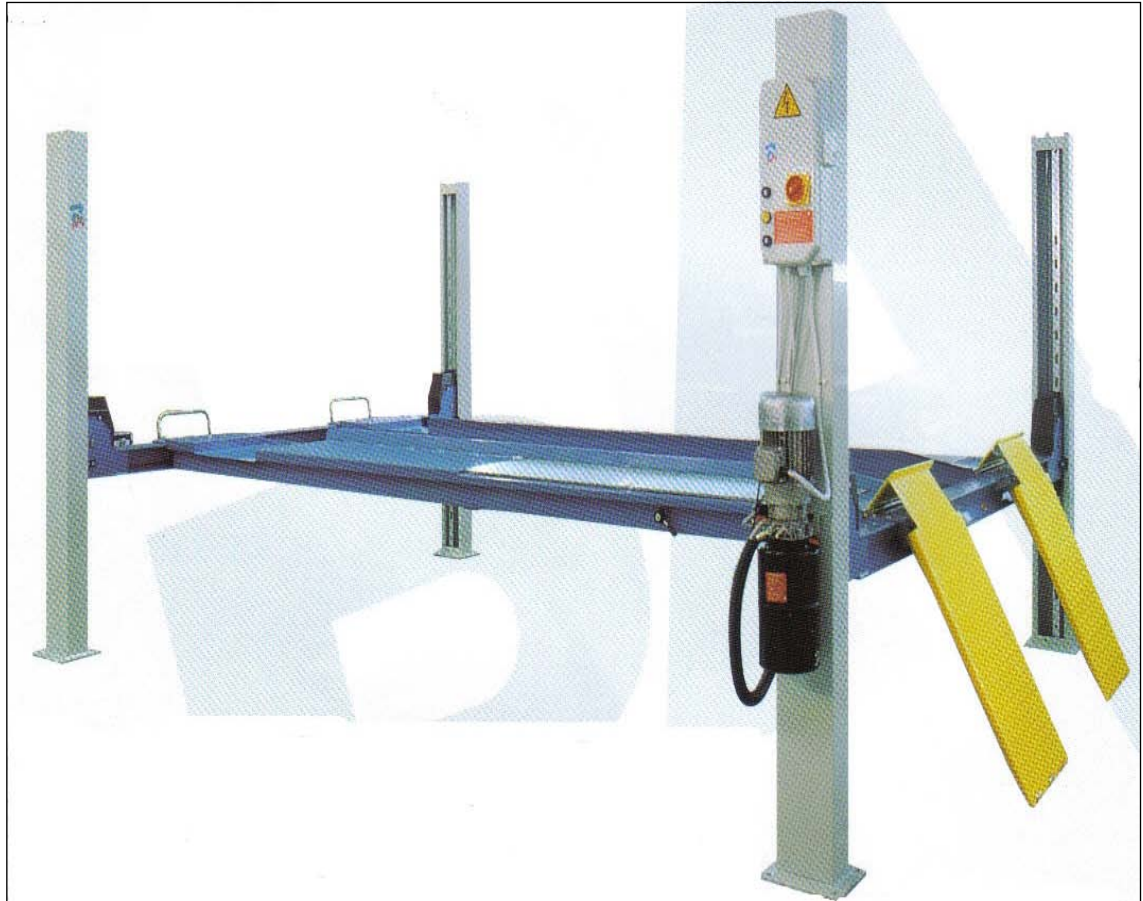
Figura 2.1 Elevador de plataforma neumático



### 2.1.2 Electrohidráulico

Este elevador consta de cuatro columnas y está constituido por un grupo electrohidráulico: Motor de corriente alterna, bomba, válvula de comando y actuador. Dentro del grupo electrohidráulico, el motor y la bomba son los encargados de generar fluido a presión que es la energía del movimiento, la que llega al actuador que en este caso es un pistón, el mismo que va adosado bajo un carril de la plataforma que se complementa con poleas y cables de acero, estos proporcionan un movimiento uniforme de subida con un mecanismo de traba en cada columna y realiza un tiempo de subida de 60 segundos alcanzando una altura máxima de 1830 mm. Ver figura 2.2. Su utilización es frecuente en servicios de alineación vehicular y su capacidad de carga varía de 3 a 7 toneladas – los más usuales-.

Figura 2.2 Elevador de cuatro columnas



Complemento a esto tenemos el elevador tipo tijera el que debido a la geometría de su mecanismo se puede instalar en pequeñas fosas rectangulares las que en su estado de reposo se ubican al ras del piso, estas son activadas por dos pistones que reciben la energía de movimiento del grupo motor-bomba, además consta de una barra de seguridad y durante la operación se alcanza una altura máxima de aproximadamente 1800mm. Ver figura 2.3. su tiempo de subida es de alrededor de 60 segundos y su uso es para trabajos de lubricación, cajas de cambio, escape, suspensión. Su capacidad de carga varía de 2.5, a 3.5 toneladas.

Figura 2.3 Elevador de tijera



### 2.1.3 Electromecánicos

La principal fuente de energía es la corriente eléctrica, entre ellos se encuentra los elevadores de columnas independientes que se presentan en tres configuraciones: set de 4, 6 y 8 columnas con capacidad de 3 a 10 toneladas por columna, los mismos que tienen la posibilidad de funcionar individualmente o todas las columnas en conjunto y pueden ser trasladados de un lugar a otro.

Lleva un motor incorporado en la parte superior de la columna, con una base de apoyo a tierra de gran tamaño para una máxima estabilidad con carga, el sistema mecánico de elevación está adaptado con un moto reductor autofrenante acoplado directamente al husillo -perno de rosca cuadrada y tuerca-. Consta también de dispositivos de seguridad mecánicos y eléctricos, además está incorporado un dispositivo de bloqueo de la subida en caso de excesivo desgaste de la tuerca portante.

El tiempo de subida varía según la carga por ejemplo una columna de capacidad de tres toneladas realiza un tiempo de subida de 70 segundos, como una columna de

capacidad de 10 toneladas realiza un tiempo de subida de 180 segundos su uso está destinado a trolebús, camiones, volquetes en: lubricación, cajas de cambio. Coronas, bastidores y escapes. En la figura 2.4a los elevadores están en reposo y en la figura 2.4b en trabajo.

Figura 2.4 Elevadores de columnas independientes, en reposo (a), en trabajo (b).



(a)



(b)

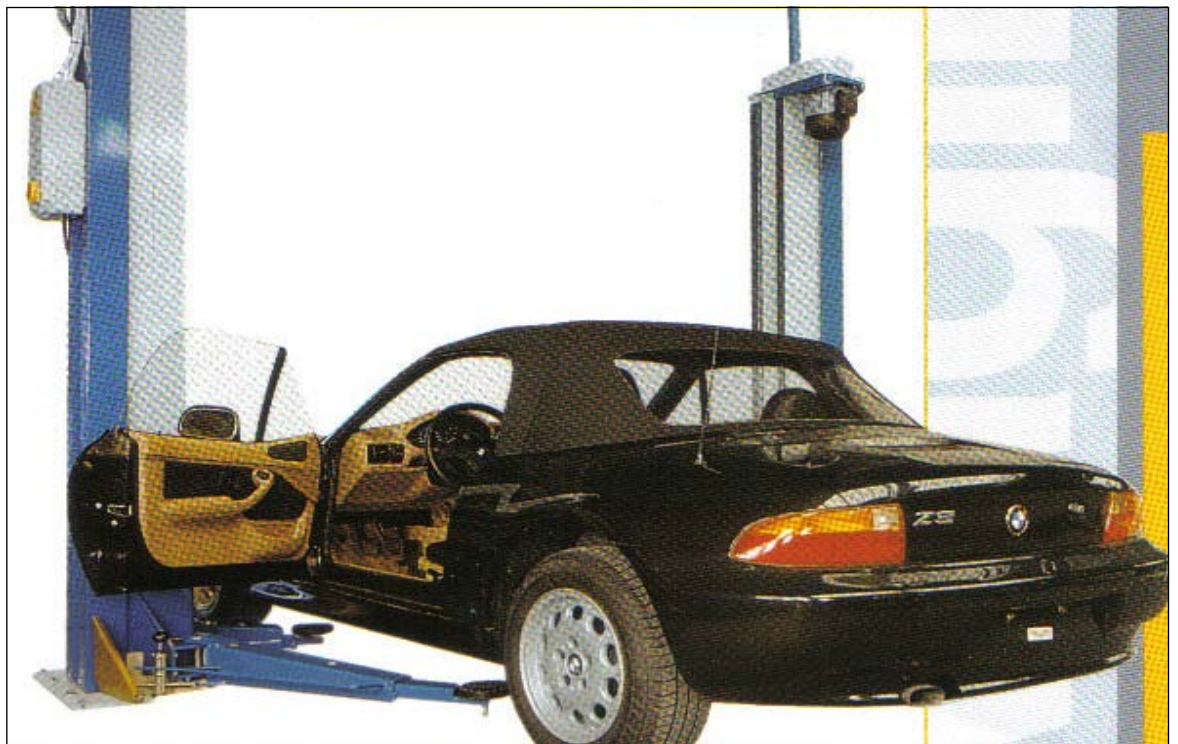
Como complemento tenemos los elevadores de dos columnas los mismos que están debidamente fijados al piso con cuatro brazos móviles, dos por cada columna que son los encargados de sostener el automóvil y que garantiza una equilibrada elevación del mismo en cualquier posición, incluso asimétrica. Ver figura 2.5 a y b.

Además disponen de mandos de baja tensión como finales de carrera durante el ascenso y descenso, con sistemas de traba mecánico de seguridad, su capacidad de carga varía entre las 2 y 3 toneladas y su elevación máxima esta cerca de los 2 metros, en algunos casos se utiliza dos motores uno por cada columna de aproximadamente 1.5 a 2 Kw de potencia y en otros casos consta de un solo motor el mismo que se conecta con cables de acero o cadenas. Estos elevadores brindan una amplia cobertura de trabajo como: lubricación, frenos, suspensión, cajas de cambio, coronas, escapes, etc.

Figura 2.5 Elevador de dos columnas, media altura (a), en reposo (b).



(a)



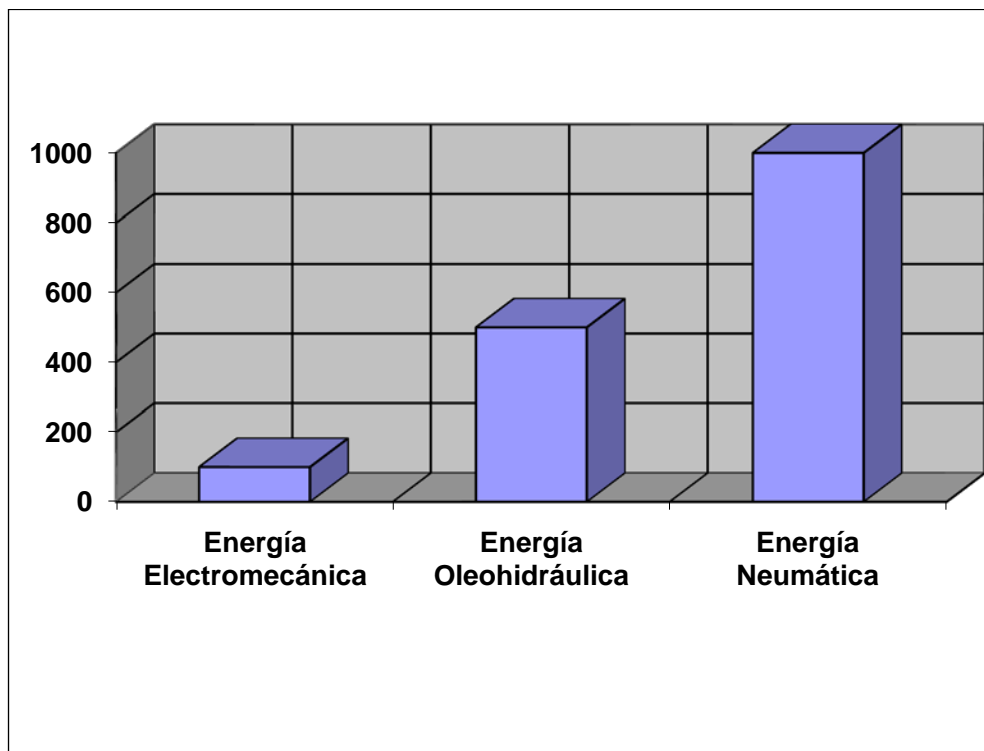
(b)

## 2.2 ANÁLISIS DE CARACTERÍSTICAS

En general la fuente principal de energía motriz es la energía eléctrica en la producción de presión de aceite y aire comprimido, casi siempre la presión de estos fluidos es creada por un motor eléctrico convencional. La presencia obligada de la energía eléctrica, además de los numerosos componentes necesarios para producir presión de aceite o aire comprimido, supone gastos adicionales en las instalaciones.

En la figura 2.6 se indica de forma comparativa, pero considerando siempre que la energía básica es la eléctrica, empleada para accionar mecanismos tradicionales a través de un motor eléctrico, y dando a esta un valor de 100, la energía oleohidráulica cuesta instalar unas cuatro veces más que la primera y la neumática unas diez veces más, sin embargo conviene anotar que el gráfico es aproximado y variable con el tiempo y las circunstancias.

Figura 2.6 Análisis de costo de energía





## 2.2.1 Datos Técnicos de Elevadores

### Electromecánicos

Tabla 2.1 Elevadores de dos columnas.

Capacidad	Motores	Peso	Tiempo de subida	Elevación máxima	Usos
2.5 ton	1.5 Kw X 2	0.76 ton	45"	1910 mm	cajas de cambios
3 ton	2.2 Kw. X 2	0.79 ton	45"	1910 mm	enllantaje, coronas y
3.5 ton	2.6 Kw. X 2	0.84 ton	50"	1885 mm	suspensión en general

Tabla 2.2 Elevadores de columnas Independientes.

Capacidad (por columna)	Motores	Peso	Tiempo de subida	Elevación máxima	Usos
3 ton	3 Kw.	0.41 ton	70"	1756 mm	Generalmente se usa en autobuses y tracto camiones, para cajas y suspensión
5.5 ton	4 Kw.	0.45 ton	110"	1756 mm	
8.5 ton	3.7 Kw.	0.508 ton	135"	1800 mm	
10 ton	3.7 Kw.	0.65 ton	180"	1800 mm	

### Neumáticos

Tabla 2.3 Elevadores de plataforma.

Capacidad	presión de aire	Peso	Tiempo de subida	Elevación máxima	Usos
2 ton	10 12 bares.	0.33 ton	7"	360 mm	Enllantaje, frenos y trabajos de suspensión
2 ton	10 – 12 bar.	0.37 ton	7"	360 mm	

## Electrohidráulicos

Tabla 2.4 Elevadores de tijera.

Capacidad	Motores	Peso	Tiempo de subida	Elevación máxima	Usos
2.5 ton	2.2 Kw	0.8 ton	25"	1000 mm	cajas de cambios frenos, coronas y suspensión en general
3 ton	2.2 Kw.	0.86 ton	50"	1825 mm	
3.5 ton	2.2 Kw.	1.03 ton	70"	2090 mm	

Tabla 2.5 Elevadores de cuatro columnas.

Capacidad	Motores	Peso	Tiempo de subida	Elevación máxima	Usos
3 ton	2.2 Kw.	0.64 ton	50"	1735 mm	Se usa en la corrección de la geometría de las Llantas (alineación)
3.5 ton	2.6 Kw.	0.78 ton	50"	1735 mm	
4 ton	2.6 Kw.	0.85 ton	60"	1740 mm	
4.5 ton	2.6 Kw.	0.86 ton	80"	1735 mm	
6 ton	2.2 Kw.	1.52 ton	120"	1750 mm	
7 ton	2.2 Kw.	1.52 ton	120"	1750 mm	

### 2.3 SELECCIÓN DEL EQUIPO

Para la determinación del tipo de elevador a construir se procedió a analizar los recursos disponibles y las prestaciones del puente elevador, puesto que el tipo de trabajo específico que brinda es de suspensión y frenos, siendo estos los trabajos que se realizarán con mayor frecuencia en el taller que implementaremos.

Seleccionamos el elevador electrohidráulico por la disponibilidad de muchos de los componentes mecánicos y la facilidad para adquirir los elementos oleohidráulicos; por lo tanto se construirá un mecanismo asistido electrohidráulicamente para elevación de vehículos livianos con capacidad de 2.5 Toneladas.

El elevador de plataforma electrohidráulico, está constituido por un grupo generador de presión compuesto por un motor de corriente alterna, que se conecta con una bomba de engranajes en la que está adosada una electroválvula para hacerla funcionar, como también una válvula limitadora de presión que se encarga de mantener una presión de trabajo adecuado.

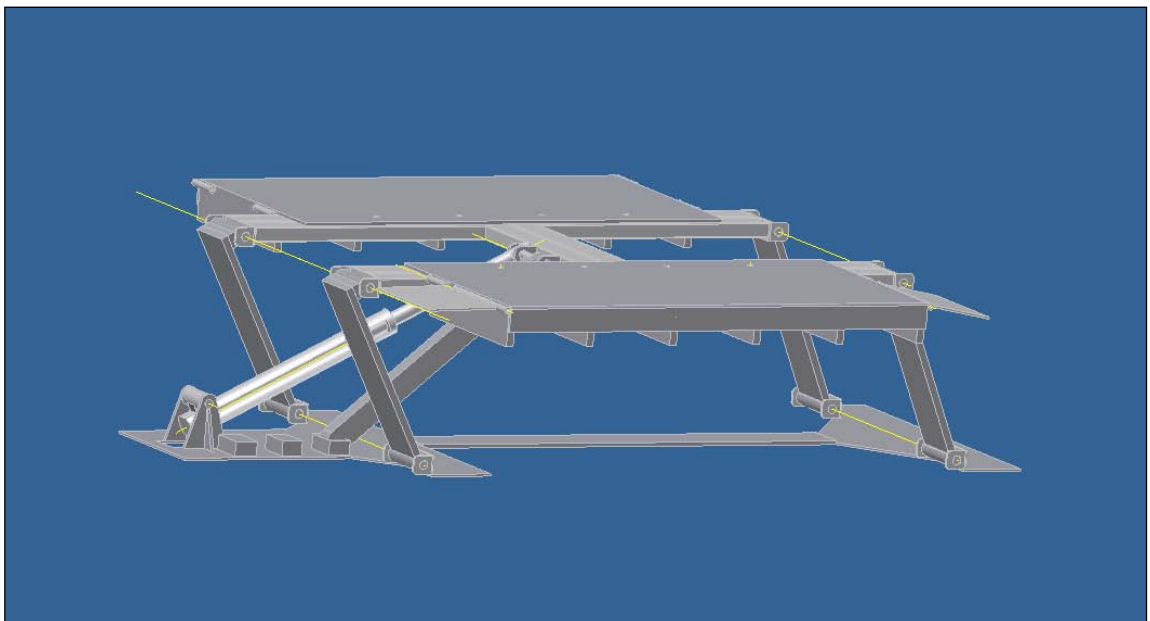
A continuación en este grupo oleohidráulico se encuentra el cilindro o pistón de simple efecto, el que actúa sobre la plataforma de carga la cual tiene forma de H, y el lugar que se conecta el pistón es en el perfil transversal de la plataforma, por el otro lado el pistón está sujeto al chasis, la conexión móvil entre plataforma y chasis son los eslabones, los que forman un mecanismo articulado de paralelogramo.

El área que ocupará el puente elevador es de aproximadamente  $3,50 \text{ m}^2$ , el mecanismo, al estar en reposo su altura medida desde el piso es de unos 80 mm y el pistón también se encuentra en posición horizontal, en el momento de actuar el elevador y desplazarse, el vástago del cilindro provoca el desplazamiento de la plataforma, mediante sus eslabones en sus cuatro puntos móviles hasta alcanzar una altura aproximada de 500 mm medida desde el piso.

En su altura máxima, el mecanismo describe un ángulo que se encuentra alrededor de los  $60^\circ$  y  $80^\circ$  aproximadamente, entre la horizontal y los eslabones de menor longitud, complementando, en este mecanismo existe una barra de seguridad, la misma que conforme se levanta la plataforma, también se desplaza paralelamente pasando por un sistema de traba de un solo sentido.

Es necesario mencionar que en el proceso de construcción en lo que se refiere al grupo oleohidráulico -motor, bomba, depósito, válvulas, manguera de presión y pistón- se procederá a realizar el cálculo que permita seleccionar entre una gama diversa de estos elementos que ofrecen diferentes casas constructoras especializadas en esta rama; en cambio los elementos mecánicos que son: chasis, plataforma, eslabones si serán construidos por los autores y un equipo de mecánicos de apoyo. Ver figura 2.7.

Figura 2.7 Modelo a construir.



## CAPÍTULO III

### DISEÑO MECÁNICO

#### 3.1 GENERALIDADES

Al escoger un sistema mecánico que se debe clasificar de acuerdo con el número de grados de libertad (GDL) que posee, para analizar el sistema en el que se encuentra el elevador; El GDL de un sistema es igual al número de parámetros independientes (medidas) que se necesitan para definir unívocamente su posición en el espacio en cualquier instante. No se puede determinar deformaciones de un cuerpo hasta definir tamaño, forma, propiedades del material y cargas.

#### 3.2 ANÁLISIS CINEMÁTICO

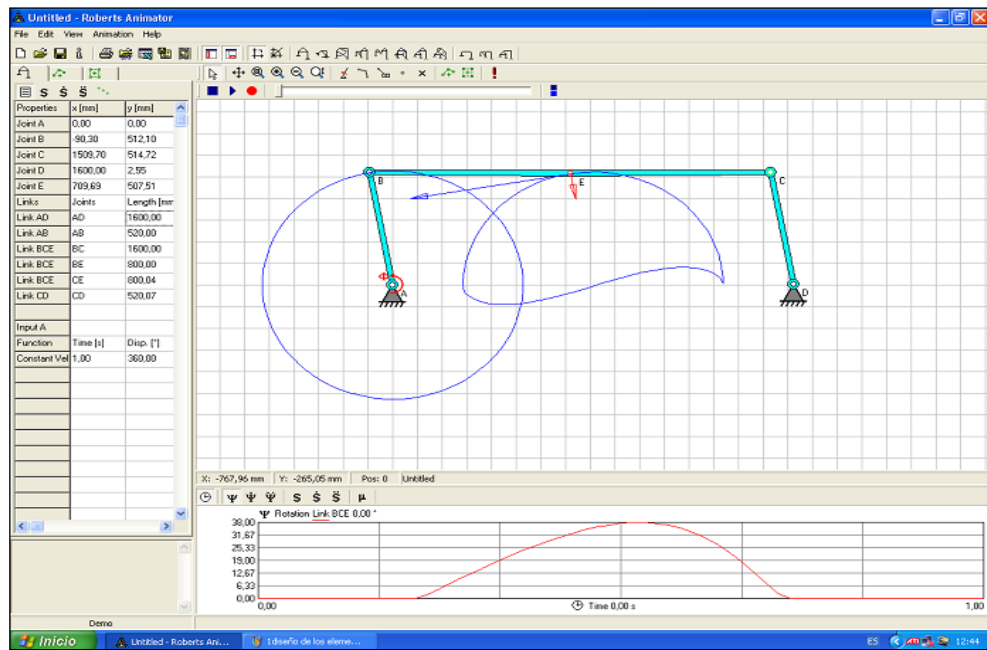
En el caso del elevador el movimiento es un plano de 2-D -dos dimensiones-, utilizando un programa que nos permite simular los movimientos<sup>3</sup>, ver figura 3.1. Y determinar parámetros de longitud, longitud de las barras, velocidad, aceleración, en cualquier punto determinado en el plano.

En el programa definimos las distancias entre centros del elevador el que nos permite tener un movimiento del segmento BC paralelo a AD que está en el piso y un movimiento angular de los segmentos AB-CD de 80° hacia la izquierda sin interferencia.

---

<sup>3</sup> WATT Mechanism Suite Demo-Roberts Animator

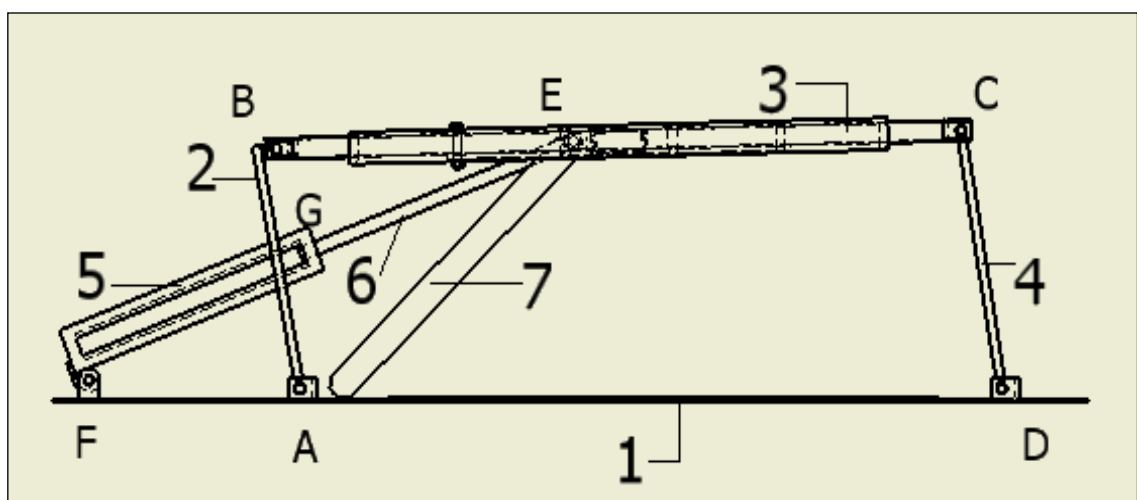
Figura 3.1 Simulación de movimiento en 2D.



### 3.2.1 Esquema referencial del elevador

Dentro del mecanismo referencial se muestra los elementos principales como : base -1-, eslabones -2,3,4-, cilindro hidráulico -5-, vástago -6-, barra de seguridad -7- y teniendo como puntos de eje –A, B, C, D-, ver figura 3.2.

Figura 3.2 Puente Elevador.



### 3.2.2 Determinación del grado de libertad del elevador

El Grado de Libertad indica el número de entradas que se necesita proporcionar con la finalidad de crear una salida predecible. Según la ecuación de Gruebler y las modificaciones de Kutzbach tenemos que:

$$M = 3(L-1) - 2J_1 - 2J_2 \quad (3.1)$$

M = Grados de libertad o Movilidad

L = Numero de eslabones

J<sub>1</sub> = numero de 1 GDL, Juntas Completas

J<sub>2</sub> = numero de 2 GDL, Semijuntas

Para el elevador tenemos según figura 3.2.

$$L = (1, 2, 3, 4, 5, 6) = 6$$

$$J_1 = (A, B, C, D, E, F, G) = 7$$

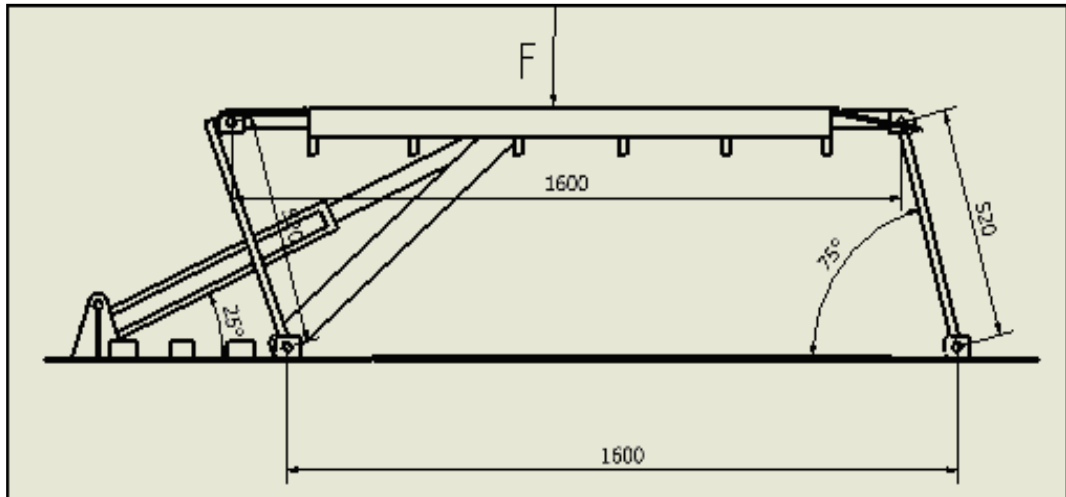
$$M = 3(6-1) - 2 \times 7 = 1$$

M = 1 Se moverá con una entrada para producir resultados predecibles.

### 3.2.3 Determinación del tiempo de levantamiento del elevador

Se tiene un tiempo total de subida<sup>4</sup> ( $t_s$ ) de 10s , y el ángulo de los eslabones ( $\phi_{es}$ ) de  $(75^\circ) = (1.31rad)$ , ver figura 3.3.

Figura 3.3 Dimensiones referenciales.



#### 3.2.3.1 Cálculo de la aceleración angular ( $\alpha$ )

$$\alpha = \frac{2(\phi_{es})}{t_s^2}. \quad (3.2)$$

$$\alpha = 0.0262 \text{ rad/s}^2$$

Donde:

$$\phi_{es} = 1.31 \text{ rad Giro del soporte ver figura 3-3.}$$

$$t_s = 10\text{s Tiempo de } 2^\circ \text{ a } 75^\circ$$

<sup>4</sup> ROTARY, Componentes Hidráulicos



### 3.2.3.2 Cálculo de la velocidad angular ( $\omega$ )

$$\omega = \sqrt{2\alpha\phi_{es}} \quad (3.3)$$

$$\omega = 0.262 \text{ rad/s}$$

### 3.2.3.3 Tabla de análisis de resultados

El elemento principal dentro de los valores de la tabla 3.1 –elevador referencial- es el tiempo de salida del pistón, el mismo que nos permite tener la velocidad angular la que posteriormente será utilizada para la selección del grupo hidráulico –pistón-

Tabla 3.1 Análisis de tiempo y velocidad.

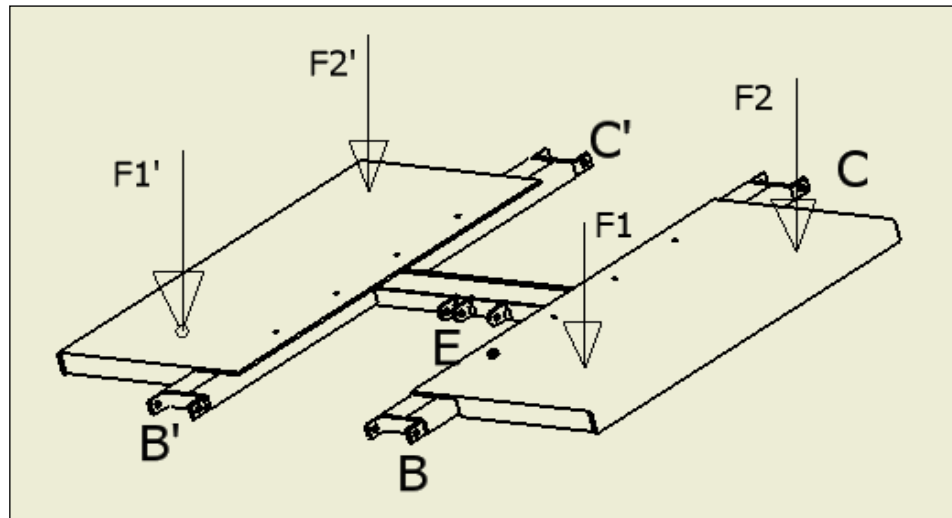
Tiempo ( $t_s$ )	Angulo eslabón ( $\phi_{es}$ )	Altura ( $h$ )	Aceleración angular ( $\alpha$ )	Velocidad angular ( $\omega$ )
10 seg.	75°	0.55 m	0.0262 $\text{rad/s}^2$	0.262 $\text{rad/s}$

## 3.3 CÁLCULO Y DISEÑO DE LA PLATAFORMA

### 3.3.1 Análisis de fuerzas en el elevador

El mecanismo consta de dos plataformas centrales BC y B'C', dos Plataformas laterales donde están aplicadas las fuerzas según la figura 3.4 y el travesaño E donde sujeta con el pistón.

Figura 3.4 Plataforma.



La carga es de 2.5 Toneladas que equivalen a 2500 Kg.

La fuerza que ejerce sobre la plataforma es de 24525 Newton

Tomando en cuenta el Factor de servicio AISC<sup>5</sup>,

Factor de Servicio AISC, es igual para plataformas  $K = 1.33$

$$F = F_1 \times K \quad (3.4)$$

$$F = 32618.25 \text{ N}$$

Donde:

F = fuerza a utilizar

F<sub>1</sub> = Carga viva

Tomando en cuenta el peso de la plataforma podemos considerar una fuerza de

$$F = 33000 \text{ N}$$

$$F = F_1 + F_2 + F_1' + F_2'$$

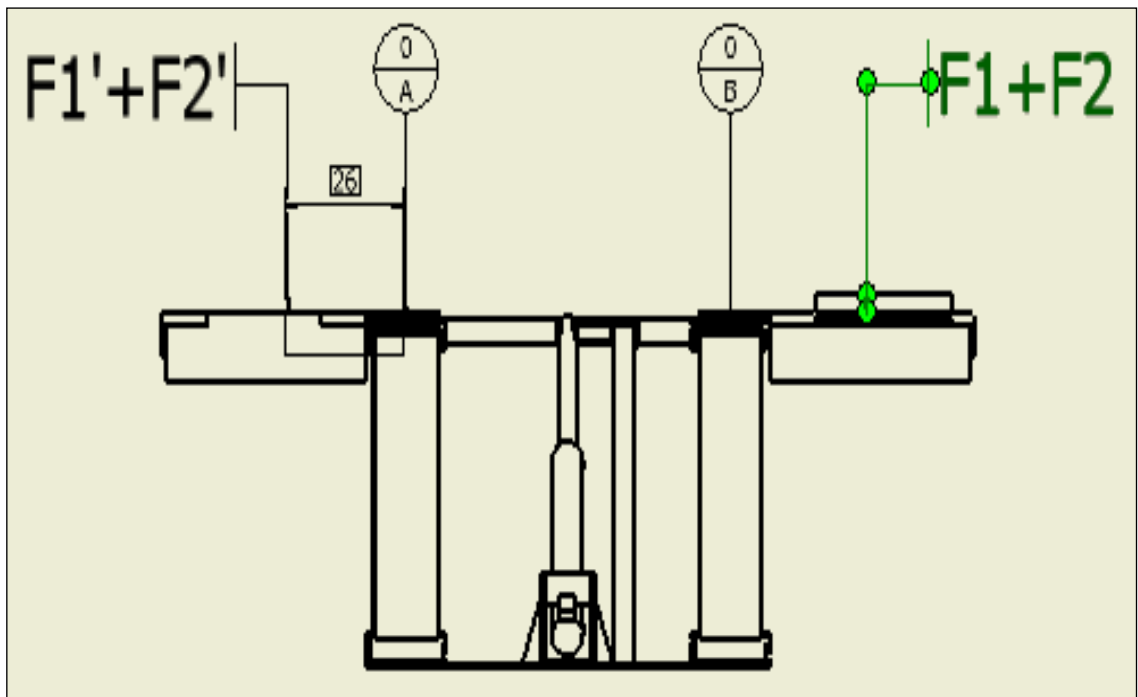
<sup>5</sup> NORTON ROBERT L, Diseño de máquinas. Pág.13

Como las fuerzas están aplicadas en el centro de la plataforma en cuatro puntos como muestra la figura 3.4 y son iguales tenemos que:

$$F_1 = F_2 = F_1' = F_2' = 8250 \text{ N.}$$

Tenemos que la plataforma producirá un momento con respecto a O/A y O/B que actuará una resistencia en el centro del soporte principal aplicada en los pernos de sujeción, como las fuerzas y el mecanismo son iguales, según la figura 3.5 se realiza la operación en  $F_1, F_2$ ; para el cálculo de la plataforma.

Figura 3.5. Cálculo de momentos.



El Momento en el centro de eje del perno es:

$$M = (F_1 + F_2) \times d \quad (3.5)$$

$$F_1 + F_2 = 16500 \text{ N.}$$

Donde:

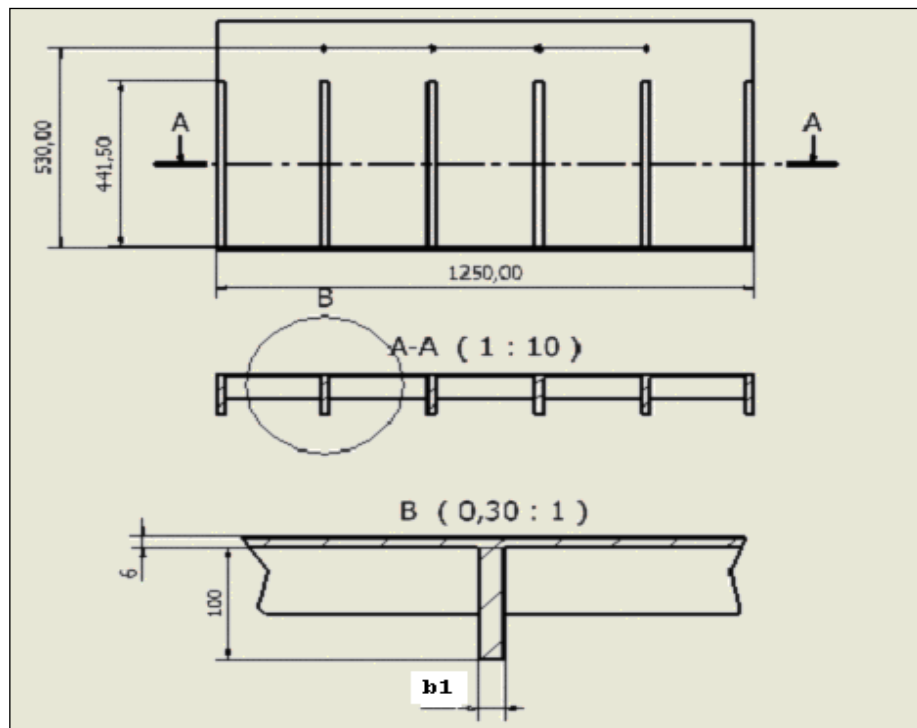
$$d = 0.26\text{m}$$

$$M_{0/B} = -M_{0/A} = 4290 \text{ Nm}$$

### 3.3.2 Diseño y Cálculo de la Plataforma

La plataforma tiene la sección de T como indica la figura 3.6.

Figura 3.6 Sección de la plataforma.



#### 3.3.2.1 Cálculo de eje neutro en el perfil

Dividimos los rectángulos del perfil para determinar por medio de la suma de momentos de estas alrededor del borde superior ver figura 3.7.

Tenemos:

$A_T$  = Área de la sección compuesta

$A_1$  = Área del rectángulo superior

$A_2$  = Área del rectángulo inferior

$c_1$  = Centro de inercia de la T

$c_{a1}$  = Centro de inercia del rectángulo superior

$c_{a2}$  = Centro de inercia del rectángulo inferior

$$A_T * c_1 = A_1 * c_{a1} + A_2 * c_{a2} \quad (3.5.1)$$

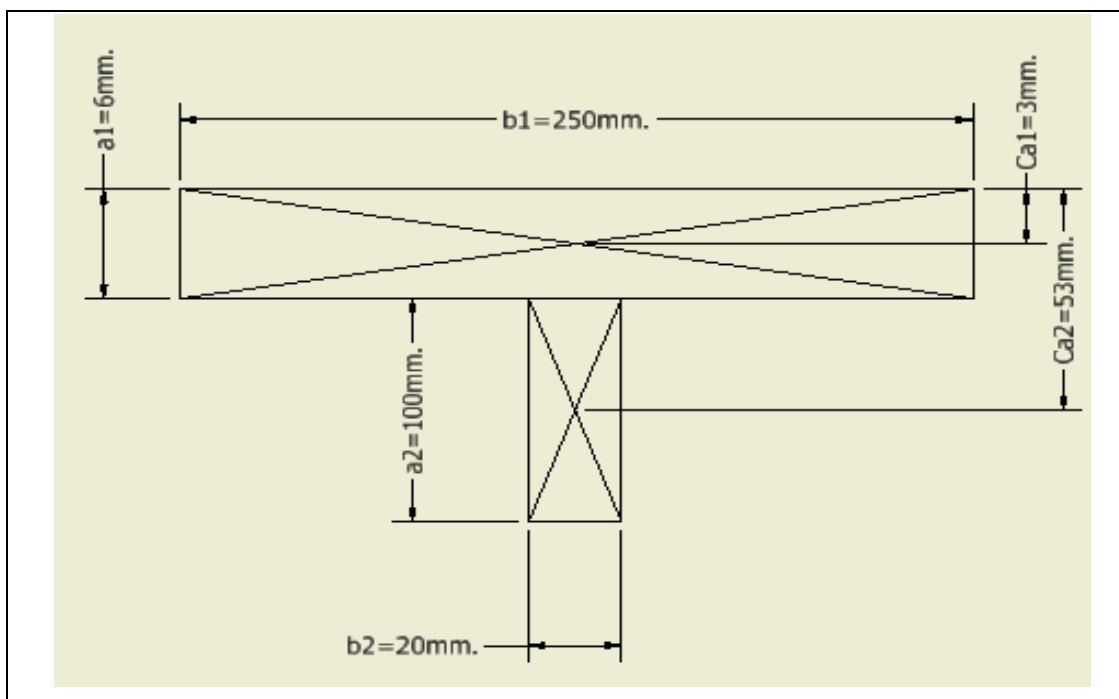
Por dimensionamiento y diseño el espesor de las vigas se colocó de 2 cm (20 mm) ver figura 3.7.

$$A_1 = b_1 * h_1 \quad (3.5.2)$$

$$A_2 = b_2 * h_2 \quad (3.5.3)$$

$$A_T = A_1 + A_2 \quad (3.5.4)$$

Figura 3.7 Sección de la plataforma.



Despejando de la fórmula - 3.5.1; 3.5.2; 3.5.3 y 3.5.4 - reemplazando los valores obtenemos el centro de inercia del perfil de la base.

Encontramos:

$$c_1 = 31,57 \text{ mm.}$$

$$c_2 = 106 - 31,57 = 74,43 \text{ (mm.)}$$

Calculamos el momento de área de cada rectángulo con respecto a su eje centroidal horizontal tenemos para el rectángulo superior:

$$I_1 = \frac{b_1 h_1^3}{12} = \frac{25*(0.6)^3}{12} = 0,45 \text{ cm}^4 \quad (3.5.5)$$

Para el rectángulo inferior se tiene:

$$I_2 = \frac{b_2 h_2^3}{12} = \frac{0,2*(10)^3}{12} = 16,66 \text{ cm}^4 \quad (3.5.6)$$

De acuerdo al teorema de los ejes paralelos para obtener el segundo momento de área del perfil, con respecto a su eje centroidal tenemos:

$$I_x = I_{cg} + A d^2 \quad (3.5.7)$$

Para el rectángulo superior:

$$d_1 = 31,57 - 3 = 28,57 \text{ mm.}$$

Para el rectángulo inferior:

$$d_2 = 74,43 - 50 = 24,43 \text{ mm.}$$

Aplicando dos veces el teorema de los ejes paralelos, según la fórmula (3.5.7) tenemos:

$$I_x = (I_1 + A_1 d_1^2) + (I_2 + A_2 d_2^2) \quad (3.6)$$

$$I_x = (0,45 + (15 * 2,857^2)) + (16,66 + (20 * (2,443^2)))$$

$$I_x = 258,91 \text{cm}^4$$

El esfuerzo máximo de tensión ejercida en la superficie superior es:

$$\sigma = \frac{M c_1}{I_x} \quad (3.6.1)$$

$$\sigma = \frac{4290 \text{Nm} * 3,157 \text{cm}}{258,91 \text{cm}^4}$$

$$\sigma = 52,31 \text{MPa}$$

De igual manera el esfuerzo máximo de compresión en la superficie inferior es:

$$\sigma = \frac{M c_2}{I_x}$$

$$\sigma = \frac{4290 \text{Nm} * 7,443 \text{cm}}{258,91 \text{cm}^4}$$

$$\sigma = 123,33 \text{MPa}$$

Podemos concluir que el esfuerzo máximo que soportara la viga es el de compresión en la superficie inferior.

Donde:

$$M_{FB} = 4290 \text{ N m} \quad \text{Momento flector}$$

Tenemos que:

$S_y = 240 \text{ Mpa}$  >> Es la resistencia de fluencia del acero AZS21030

$$\sigma = 123,33 \text{ MPa} \quad \sigma_{adm} = 0,6 * S_y \quad \text{>> Norma AZSC} \quad (3.7)$$

$$\sigma = 123,33 \text{ MPa} \quad \sigma_{adm} = 144 \text{ MPa.}$$

La tensión del perfil es menor a la tensión admisible del material esto nos demuestra que el perfil soporta la carga en el soporte.

$$\sigma_{perfil} \leq \sigma_{adm}$$

$$123,33 \text{ MPa} \leq 144 \text{ MPa}$$

### 3.3.3 Selección de los pernos de sujeción

En la base de la plataforma se ha de colocar 4 pernos por cada lado, como indica la figura 3-6, al igual que las barras en cada perno tiene una fuerza de separación:

$$F_s = F / 8 = 4125 \text{ N}$$

#### 3.3.3.1 Longitud del perno (L)

$$L = a + b + a \quad \text{Figura 3.8}$$

$$L = 0.052 \text{ m}$$



Donde:

$a = 0.006 \text{ m}$     Espesor de la placa ver figura 3.9

$b = 0.04 \text{ m}$

Figura 3.8 Perno de sujeción.

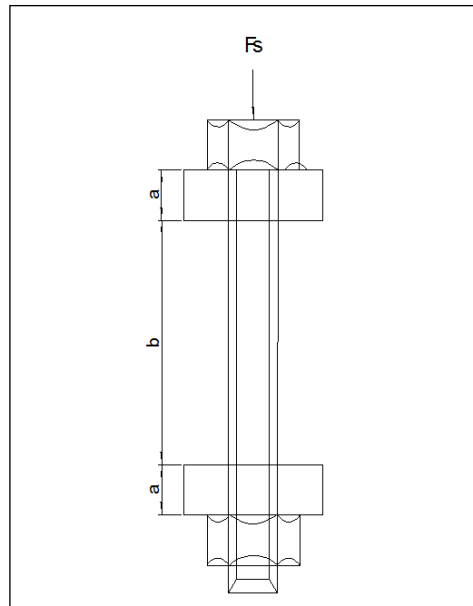
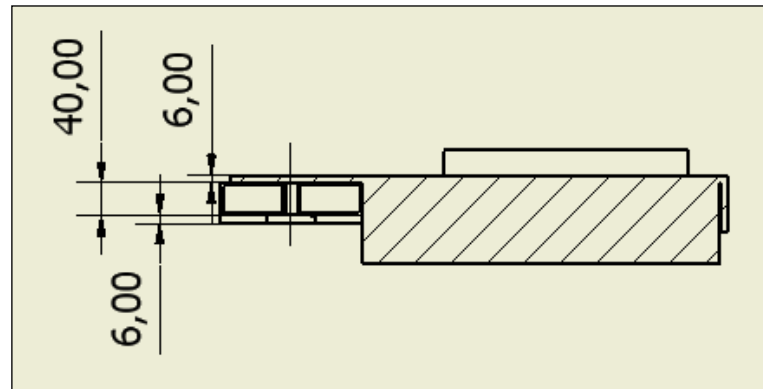


Figura 3.9 Longitud del perno.



Por motivos de cálculos seleccionamos el perno:

$$\text{Perno} - M16 \text{ grado } 5 \left\{ \begin{array}{l} A_t = 1.57 \text{ cm}^2 \\ A_o = 1.44 \text{ cm}^2 \end{array} \right. \text{ (Anexo III)}$$

**3.3.3.2 Rigidez del perno (Kb)**

$$Kb = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot E}{4 \cdot L} \quad (3.9)$$

$$Kb = 796.5MN / m$$

Donde:

$d = 0.016m$	Diámetro mayor nominal (Anexo III)
$E = 206GPa$	Módulo de elasticidad del Acero
$L = 0.052m$	Longitud del perno (Ec. 3.8)

**3.3.3.3 Cálculo de la constante de rigidez del elemento sujetado ( Km)**

$$Km = \frac{0.577 \cdot \pi \cdot E_1 \cdot d}{2 \ln \left( 5 \cdot \frac{0.577 \cdot L + 0.5 \cdot d}{0.577 \cdot L + 2.5 \cdot d} \right)} \quad (3.10)$$

$$Km = 1,623GN / m$$

Donde:

$d = 0.016m$	Diámetro mayor nominal (Anexo III)
$E_1 = 82.7GPa$	Esfuerzo admisible del Acero
$L = 0.052m$	Longitud del perno (Ec. 3.8)

**3.3.3.4 Cálculo de la constante (C)**

$$C = \frac{Kb}{Kb + Km} \quad (3.11)$$

$$C = 0.329$$

**3.3.3.5 Cálculo de la precarga (Fi)**

$$Fi = 0.75 \cdot At \cdot Sp \quad (3.12)$$

$$Fi = 69002N$$

Donde:

$At = 1.57cm^2$	Área de esfuerzo de tensión (Anexo III)
$Sp = 586MPa$	Resistencia límite a la tensión

**3.3.3.6 Cálculo del factor de seguridad (n)**

$$n = \frac{Sp \cdot At - Fi}{C \cdot \left( \frac{Fs}{N} \right)} \quad (3.13)$$

$$n = 22.15$$

Donde:

$Sp = 586xE6Pa$	Resistencia límite a la tensión (Anexo III)
$At = 0.000157m^2$	Área de esfuerzo de tensión (Anexo III)
$C = 0.329$	Constante (Ec. 3.11)
$Fi = 69002N$	Precarga (Ec. 3.12)
$F_s = 4125N$	Fuerza de separación $F_s = F / 8 = 4125N$

$N = 1$  Numero de pernos.

*Nota: El factor de seguridad es alto por lo tanto resiste.*

Se realiza un cuadro comparativo de tres medidas de perno para ver cuál es el más favorable para el elevador Tabla 3.2.

Tabla 3.2 Análisis con diferentes medidas del Perno.

DIAMETRO DEL PERNO	RIGIDEZ DEL PERNO	AREA DE ESFUERZO A LA TENSION		constante C	Precarga	Factor de Seguridad
d(mm)	Kb(MN/m)	mm <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>		N	
12	447,81	84,27	0,00008427	0,9981761	69002	-19,06
14	609,52	115,44	0,00011544	0,9983576	69002	-1,32
16	796,11	156,67	0,00015667	0,9984945	69002	22,15

### 3.3.4 Cálculo de la masa e Inercia

Se realiza mediante un programa de computadora<sup>6</sup> la obtención de la masa y la inercia que se produce en el centro de gravedad del eslabón 2,3 y 4. Ver figura 3.2, así obtenemos la masa y la inercia en el eje z ver figura 3.10, 3.11, 3.12, respectivamente

<sup>6</sup> Programa de Diseño. Autodesk Inventor

### 3.3.4.1 Eslabón 2

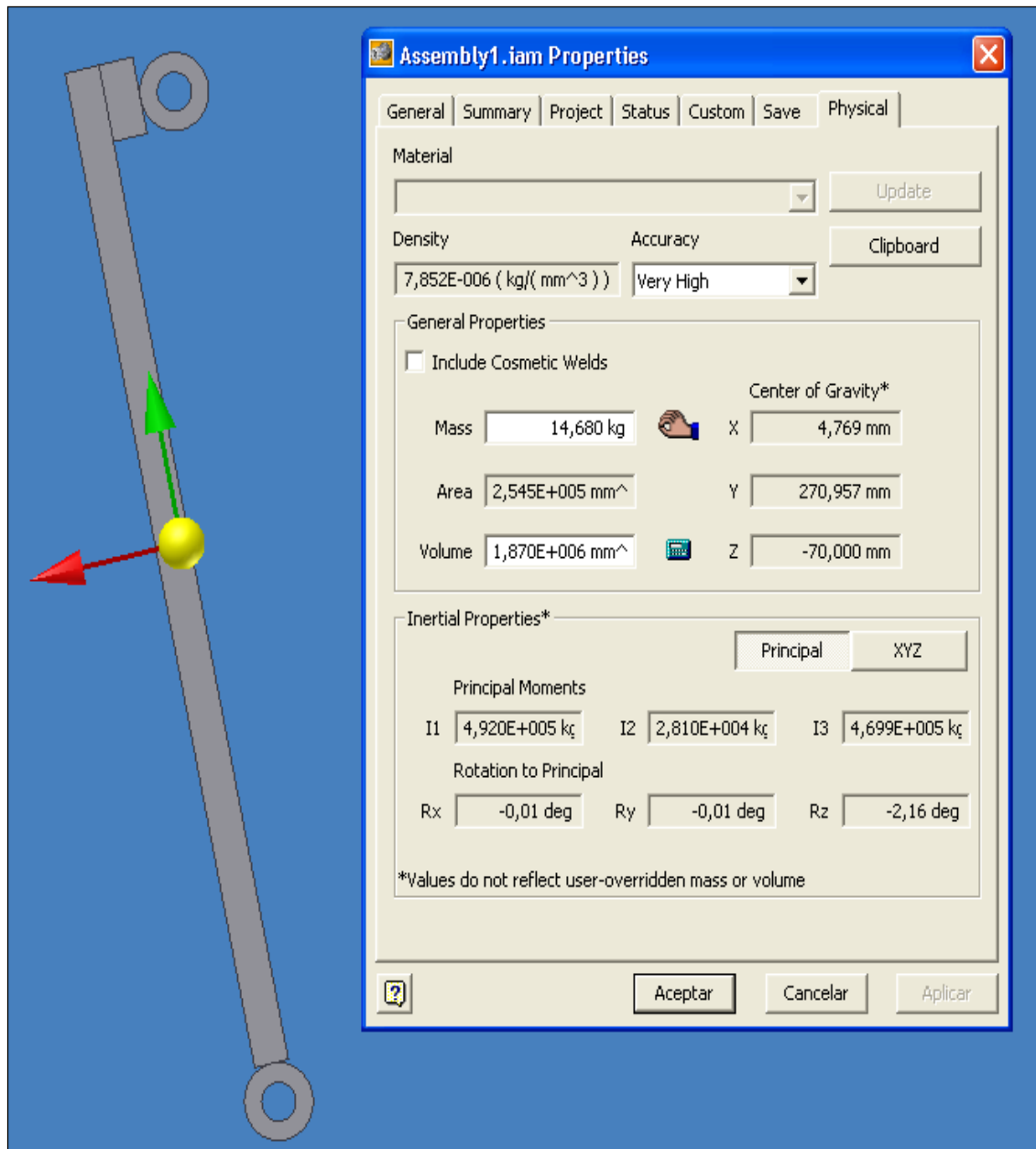
Ver figura 3.10 (Medidas del eslabón 2)

Datos Obtenidos del programa

$$m_2 = 14,68 \text{ Kg.}$$

$$I_3 = I_G = 4,699 \text{ E5 Kg. mm}^2 \approx 0,47 \text{ Kgm}^2$$

Figura 3.10 Eslabón 2.



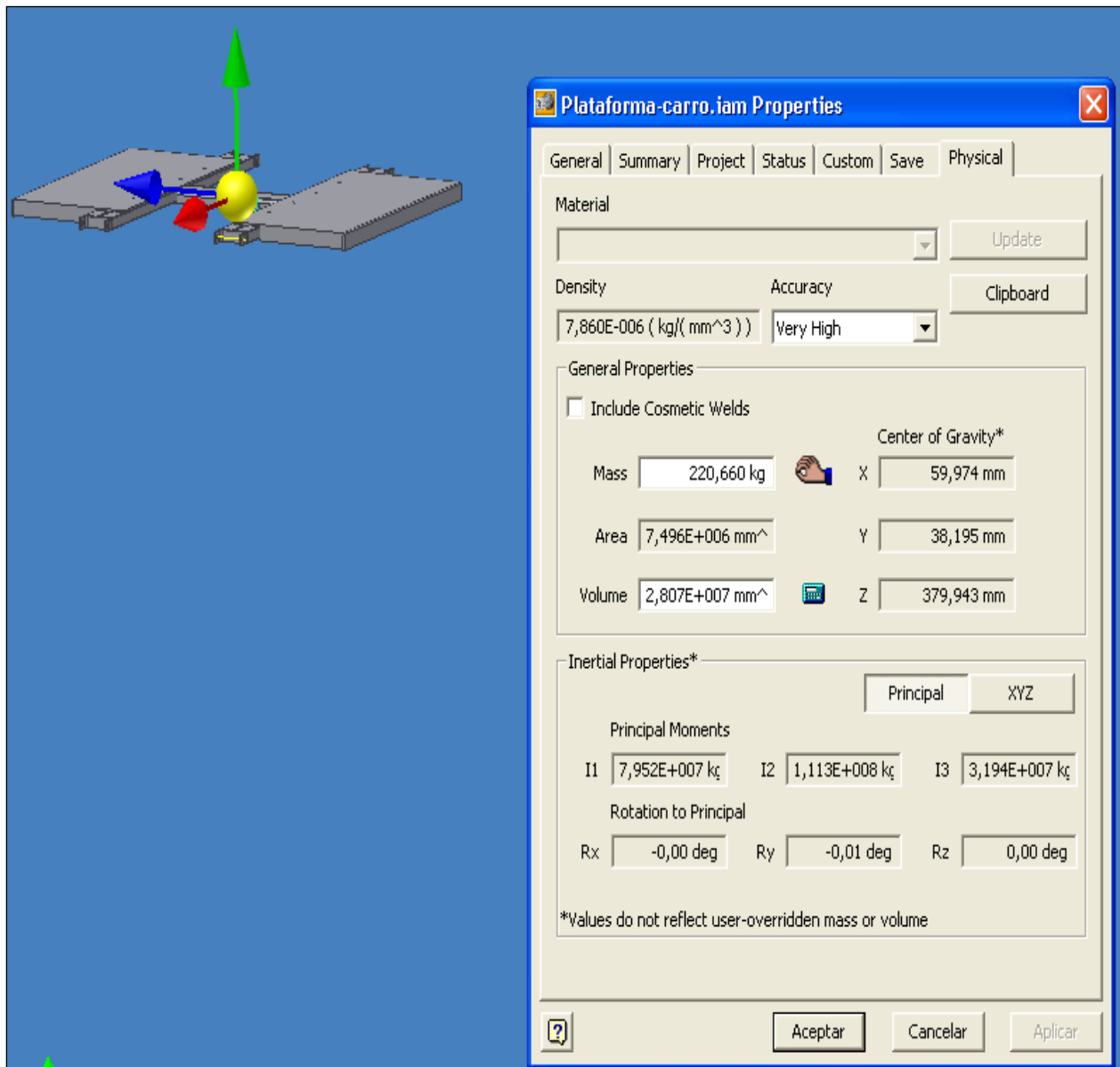
### 3.3.4.2 Eslabón 3

Datos obtenidos del programa ver figura 3.11

$$m_3 = 220,660 \text{ Kg}$$

$$I_3 = I_G = 3,194 \text{ E7 Kg mm}^2 \approx 31,9 \text{ Kgm}^2$$

Figura 3.11 Eslabón 3.



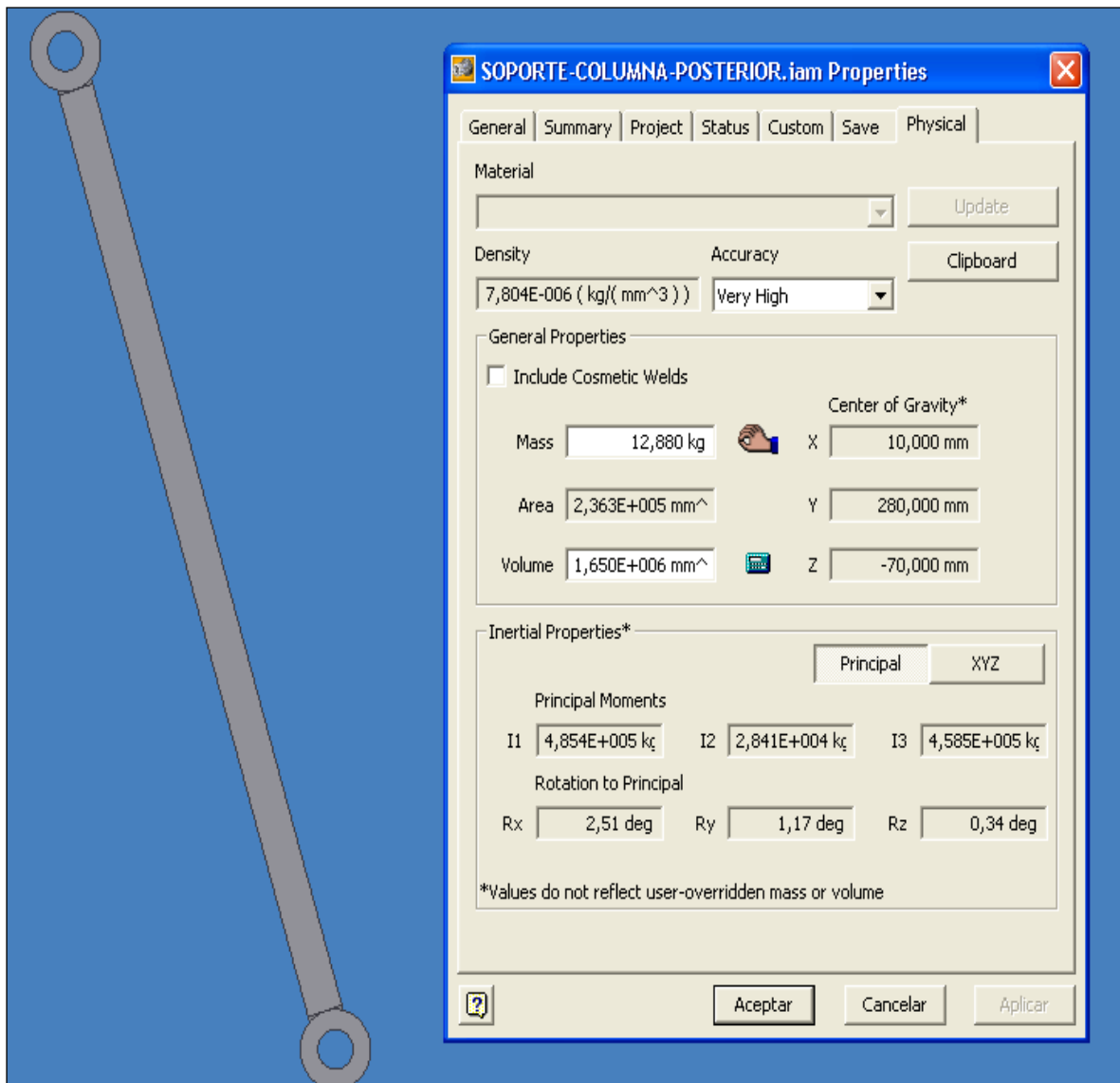
### 3.3.4.3 Eslabón 4

Datos obtenidos del programa ver figura 3.12.

$$m_2 = 12,880 \text{ Kg}$$

$$I_3 = I_G = 4,56 \text{ E5 Kg mm}^2 \approx 0,456 \text{ Kg m}^2$$

Figura 3.12 Eslabón 4.



### 3.3.5 Cálculo de potencia del elevador

En la figura 3.13 se indica los valores para el cálculo que se ingresa en el programa.

$$\Omega_2 = \omega = \sqrt{2\alpha\phi_{es}} = 0.262 \text{ rad/s} \quad \text{Alpha}_2 = \alpha = \frac{2(\phi_{es})}{t_s^2} = -0.0262 \text{ rad/s}$$



Link1 = Distancia entre centros del eslabón 1(base) = 1.6 m

Link2 = Distancia entre centros del eslabón 2 = 0,52 m

Link3 = Distancia entre centros del eslabón 3 = 1.6 m

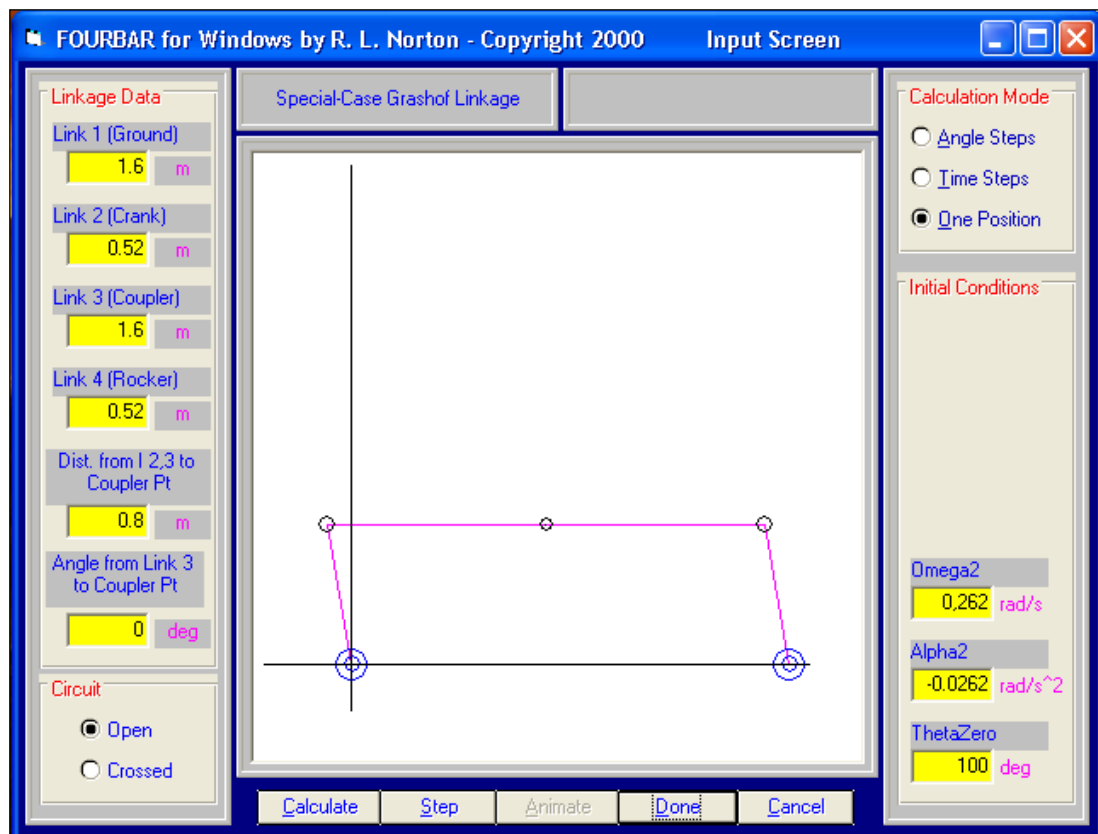
Link4 = Distancia entre centros del eslabón 4 = 0.52 m

Dist.from 1,2,3 la distancia a la que está aplicando una fuerza externa = 0.8 m

Angle from link 3 = Angulo del punto central en relación a el eslabón 3 = 0°

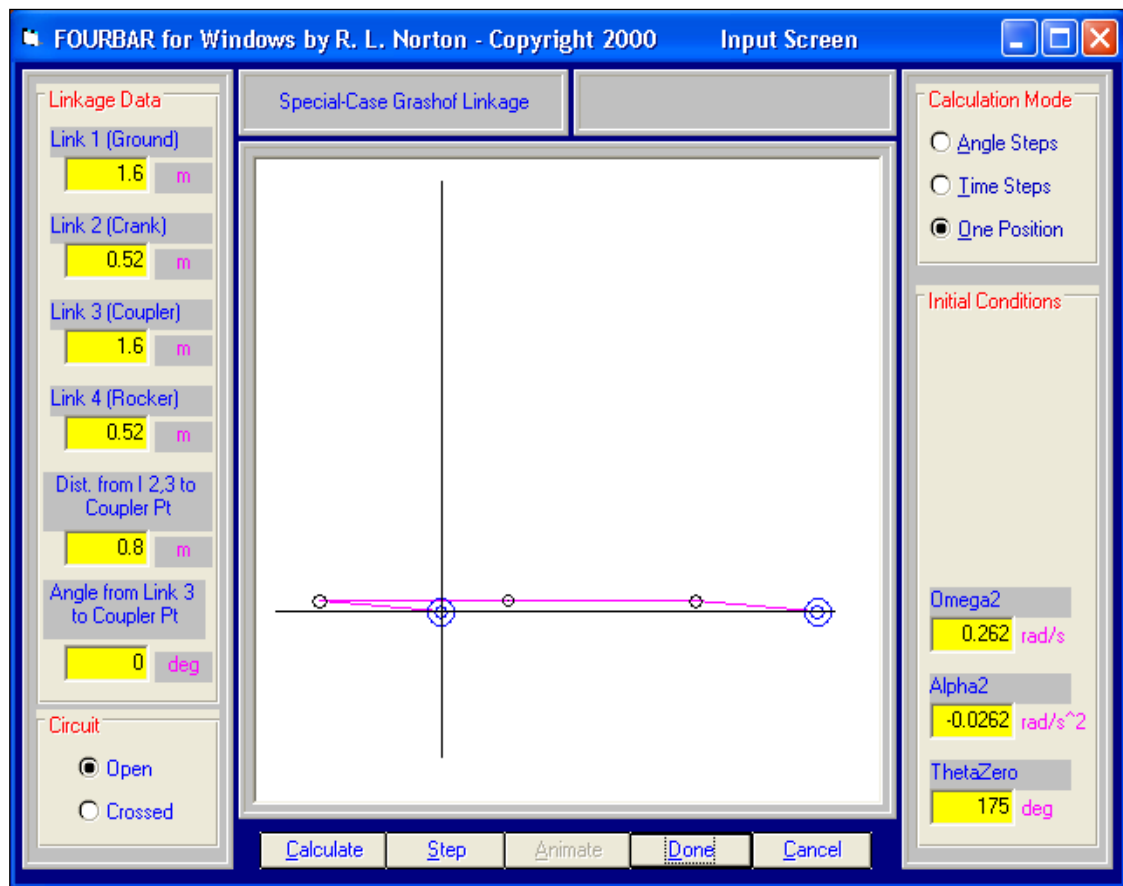
Para el primer caso se analiza cuando esta el eslabón 2 a 100° del cuadrante X, Y el elevador esta levantada la plataforma.

Figura 3.13 Ingreso de datos para el elevador a máxima altura.



Para Theta Zero es el ángulo en el cuadrante mostrado en la figura 3.13, y figura 3.14, en el segundo caso para 175° en el cual la plataforma no puede bajar más por qué topa en el piso.

Figura 3.14 Ingreso de datos para el elevador en reposo.



El cálculo se toma en función de  $100^\circ$  y  $175^\circ$  en esas dos posiciones se calcula el torque necesario para mover el elevador cuando se coloca la carga. Escribimos en el programa los datos de masa e Inercia calculados anteriormente como Indica la figura 3.15.

Ingreso del dato de la fuerza en el programa:

$$F = 33000N$$

Angulo.  $270^\circ$  fuerza aplicada verticalmente hacia abajo

Figura 3.15 Ingreso de datos para cálculo del torque.

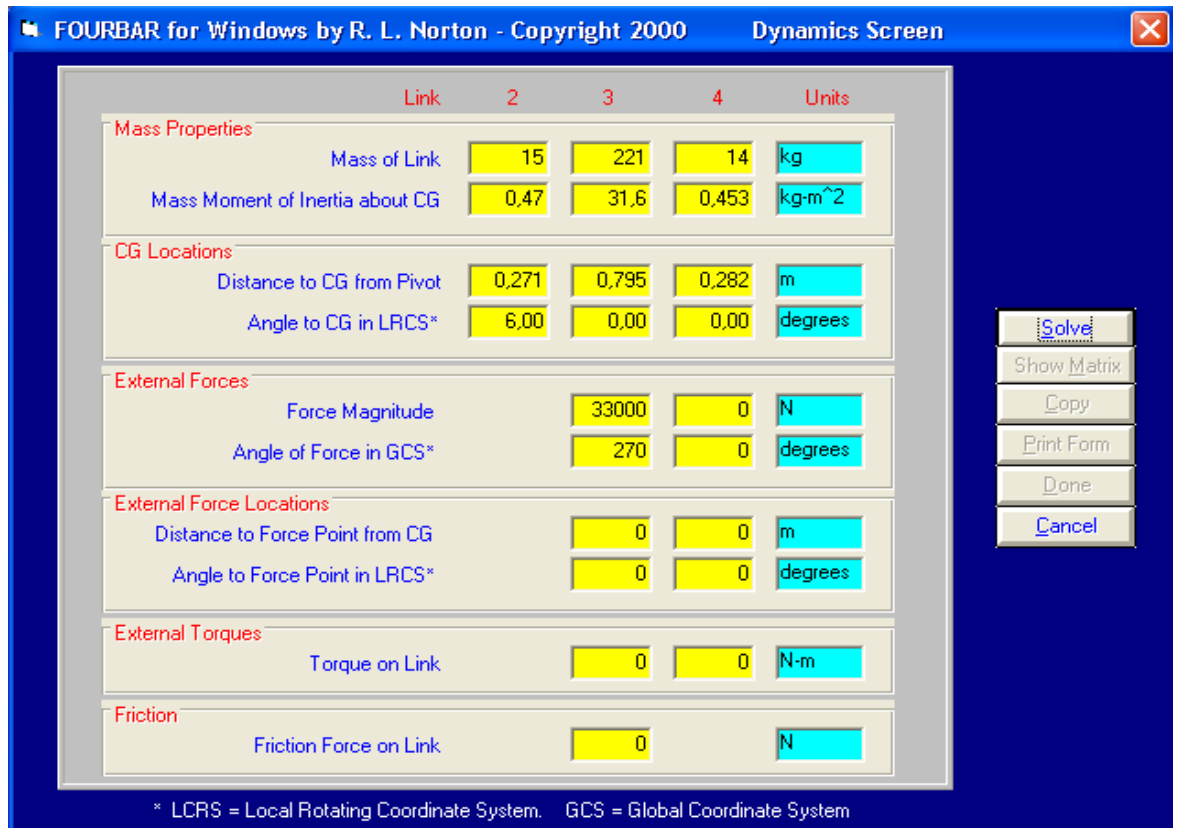


Figura 3.16 Cálculo del torque a 100°.

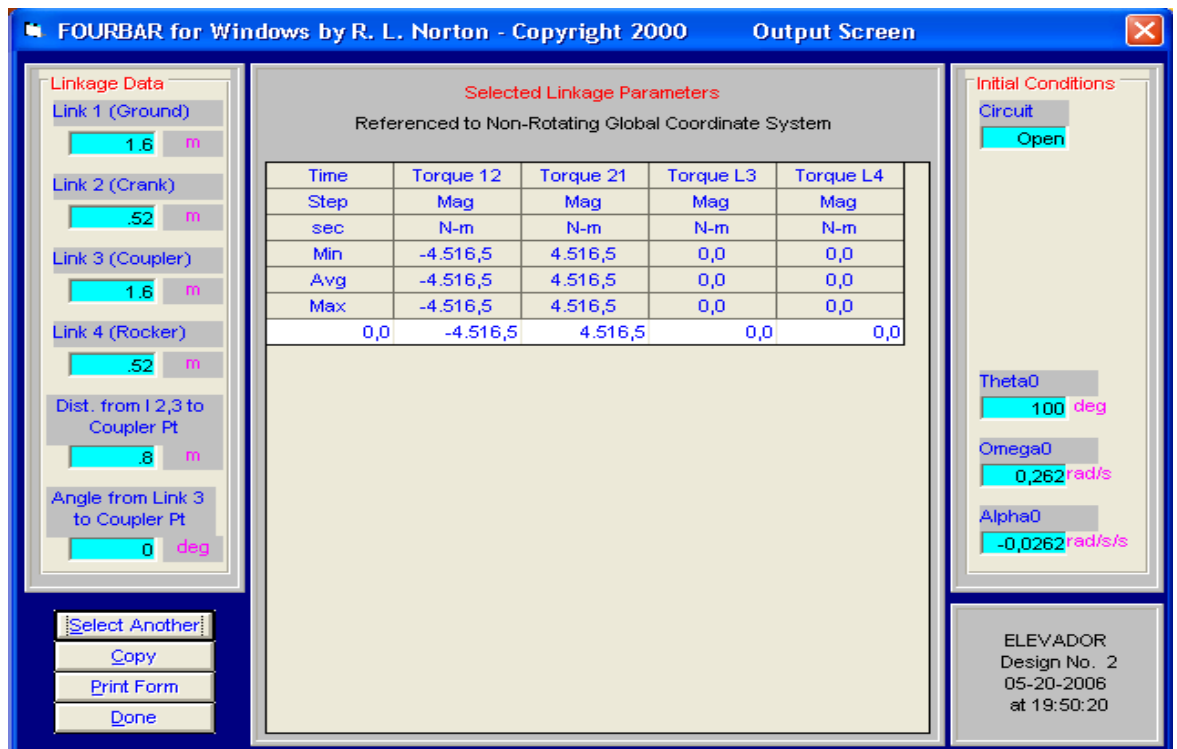


Figura 3.17 Cálculo del torque a 175°.

FOURBAR for Windows by R. L. Norton - Copyright 2000      Output Screen

**Linkage Data**

Link 1 (Ground)  
1.6 m

Link 2 (Crank)  
.52 m

Link 3 (Coupler)  
1.6 m

Link 4 (Rocker)  
.52 m

Dist. from 1,2,3 to Coupler Pt  
.8 m

Angle from Link 3 to Coupler Pt  
0 deg

Select Another  
Copy  
Print Form  
Done

**Selected Linkage Parameters**  
Referenced to Non-Rotating Global Coordinate System

Time	Torque 12	Torque 21	Torque L3	Torque L4	
Step	Mag	Mag	Mag	Mag	
sec	N-m	N-m	N-m	N-m	
Min	-17.096,3	17.096,3	0,0	0,0	
Avg	-17.096,3	17.096,3	0,0	0,0	
Max	-17.096,3	17.096,3	0,0	0,0	
	0,0	-17.096,3	17.096,3	0,0	0,0

**Initial Conditions**

Circuit  
Open

Theta0  
175 deg

Omega0  
0,262 rad/s

Alpha0  
-0,0262 rad/s/s

e  
Design No. 2  
05-23-2006  
at 13:02:14

Para mover el mecanismo el esfuerzo es mayor cuando está en la parte baja la plataforma: Con el eslabón 2 a  $100^\circ$  se necesita un torque de  $T = 4516 \text{ Nm}$ . Ver figura 3.16 y con el eslabón 2 a  $175^\circ$  se necesita un torque de  $T = 17096 \text{ Nm}$ . Ver figura 3.17.

### 3.3.5.1 Potencia del Elevador

Tenemos que:

$$P = F * V = W * T \quad (3.14)$$

$P$  = Potencia (kw)

$F$  = Fuerza para mover el pistón

$v$  = Velocidad lineal (m/s)

$w$  = Velocidad angular (rad/s)

$T$  = Torque (Nm)

### 3.3.5.2 Cálculo de la velocidad lineal de salida del pistón

$$v = \frac{L}{t} \quad (3.15)$$

Donde:

L = 0.5 m Longitud del embolo

t = 10 s Tiempo de salida del pistón

$$v = 0.05 \text{ m/s}$$

De acuerdo a:

$\omega = 0.262 \text{ rad/s}$  Velocidad Angular del eslabón 2 Ver Tabla 3.1

T = 17096 Nm Torque máximo para mover el elevador de la figura 3.17.

De la ecuación (3.14) despejamos la fuerza:

$$F = \frac{w * T}{v}$$

$$F = \frac{0,262 \text{ rad/s} * 17096 \text{ Nm}}{0,05 \text{ m/s}}$$

$$F = 89583,04N$$

Calculo de la Potencia según la ecuación (3.14)

$$P(W) = T(Nm) * w(rad/s)$$

$$P = 17096 * 0,262$$

$$P = 4479,15 \text{ w} = 4,48 \text{ Kw}$$

### 3.3.6 Cálculo de las dimensiones del Eslabón 2(Columna)

El resultado de la fuerza que tenemos en el eslabón 2 podemos determinar los esfuerzos a los que están sometidos, según figura 3.18 y 3.19.

Colocamos las distancias de cada eslabón(Link), calculamos las fuerzas en el punto más crítico que es el punto más bajo, que es a  $175^\circ$  y el más alto que se realiza el movimiento que está ubicado a  $100^\circ$ , A  $100^\circ$  la plataforma se encuentra elevada al punto máximo. La fuerza estática máxima es de 25 KN.

Para  $175^\circ$  la plataforma esta en el piso para poder levantar la plataforma se requiere una fuerza máxima de 187 KN, que es la fuerza con la que se realiza el cálculo de resistencia de materiales.

Figura 3.18 Cálculo de la fuerza a  $175^\circ$ .

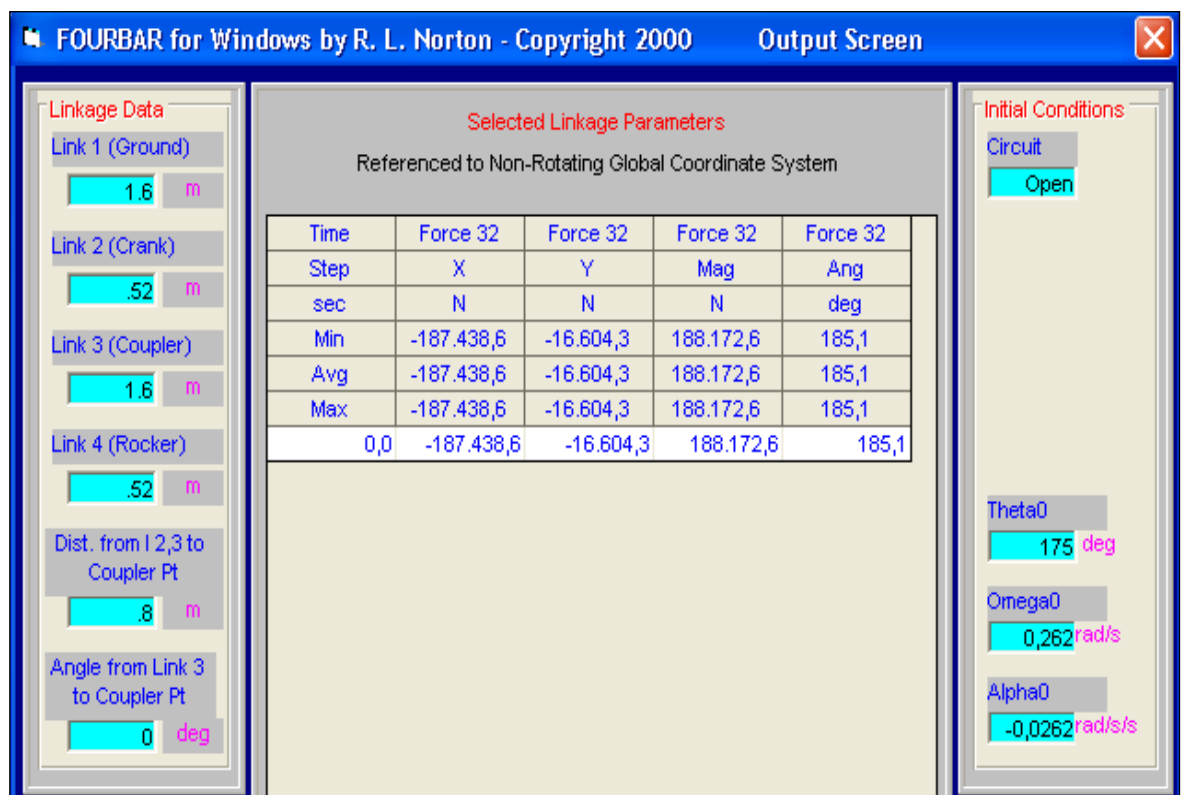
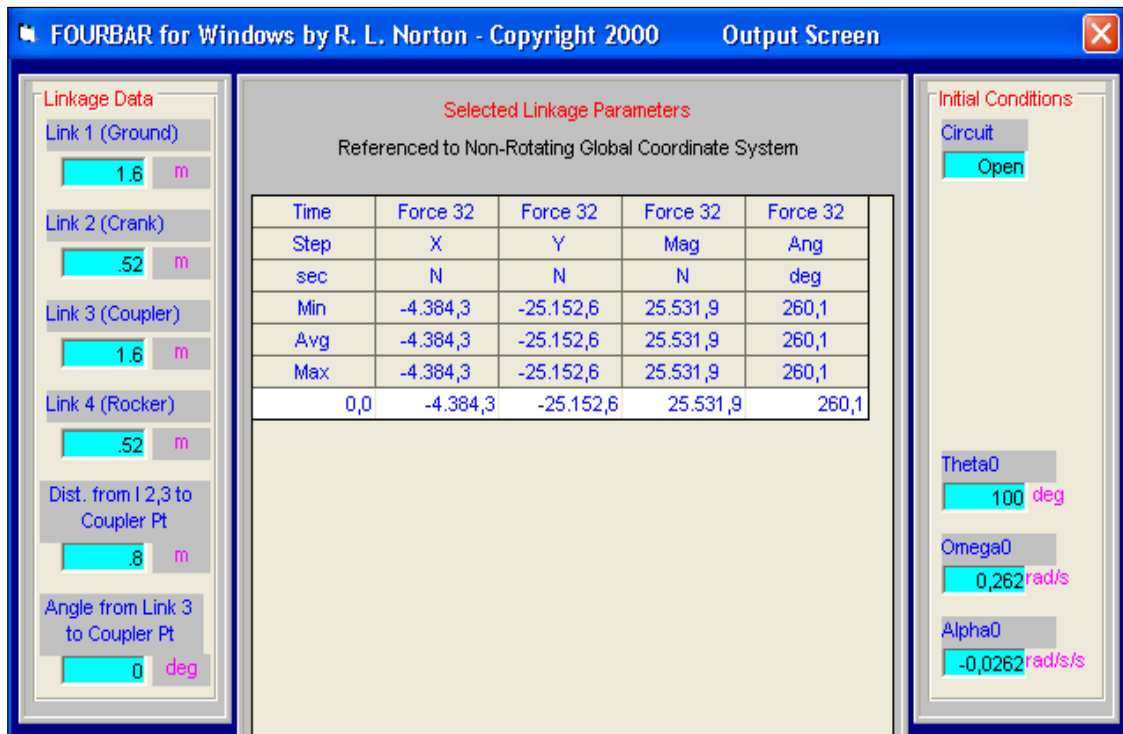
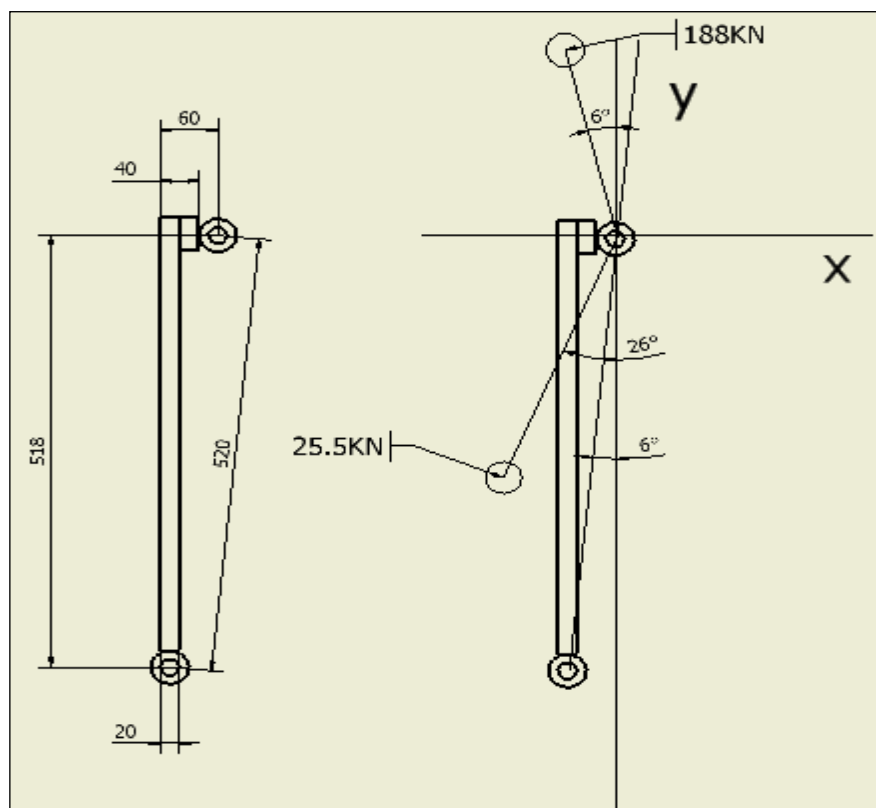


Figura 3.19 Cálculo de la fuerza a  $100^\circ$ .



### 3.3.7 Análisis de fuerzas sobre el eslabón 2(Columna2)

Figura 3.20 Análisis de fuerzas.



El resultado de la fuerza que tenemos en el eslabón 2 podemos determinar los esfuerzos a los que están sometidos, según Figura 3.18 y 3.19.

$$A 100^\circ \quad \text{Figura 3-20} \quad P_y = 25.5 \times \cos 26^\circ = 23\text{KN} \quad (3.16)$$

Produce un esfuerzo de pandeo en la columna 2.

$$A 175^\circ \quad \text{Figura 3-20} \quad P_y = 188 \times \cos 6^\circ = 187\text{KN} \quad (3.17)$$

Produce un esfuerzo de corte y tensión en la columna 2.

### 3.3.8 Dimensionamiento de la columna 2 a Pandeo

Según la ecuación de Euler:

$$P_{cri} = \frac{C\pi^2 EI}{l^2} \quad (3.18)$$

Para la sección rectangular se tiene:

$$I_{Acero} = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad (3.19)$$

Remplazando la ecuación (3.19) en la ecuación (3.18) y despejando b -ancho de las columnas 2 y 2'- se obtiene:

$$b = \frac{12P_{cri} l^2}{\pi^2 CEh^3} \quad (3.20)$$



Donde:

$$P_{cri} = n_d \times P_y = 92000N$$

$P_y$  = ver ecuación (3.16)

$n_d = 4$  Factor de Diseño

$l = 0.520m$  Longitud de la columna

$h = 0.01$

$C = 1$  Constante de condición de extremos

$E = 200 \times 10^9 N/m^2$  Módulo de elasticidad del Acero

Tenemos que:

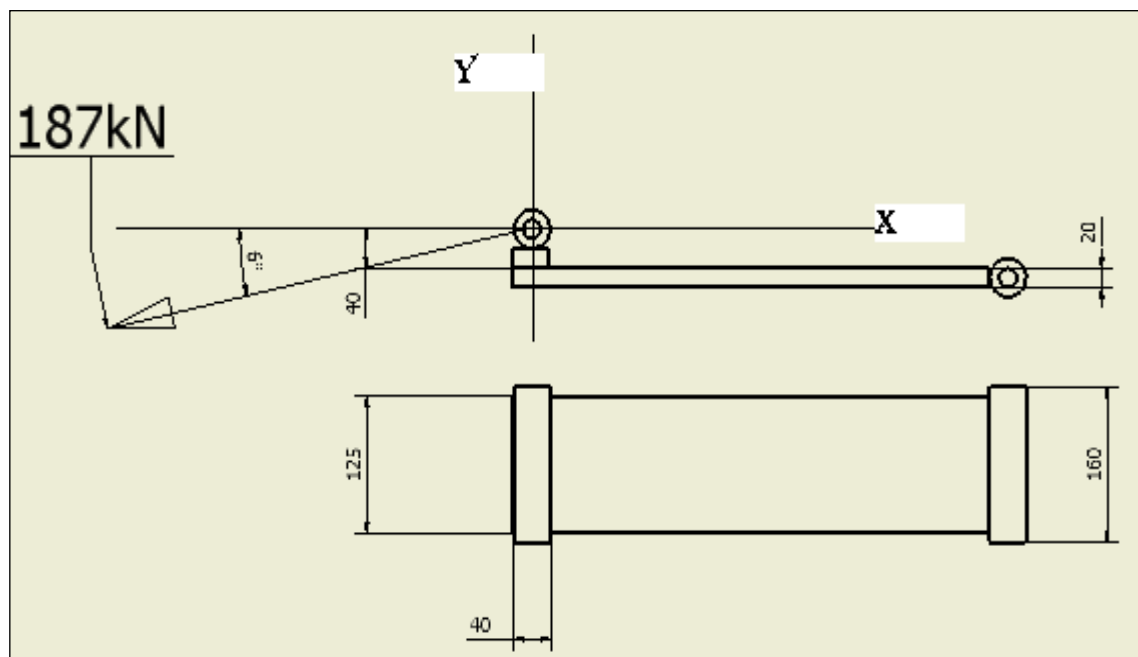
$$b = 1.51 \times 10^{-7} / h^3 = 0,015 m$$

El espesor que resiste a pandeo es de 15 cm x 1 cm x 52 cm

Por diseño se selecciona un perfil rectangular.

### 3.3.9 Dimensionamiento por compresión y corte de suelda en la columna 2

Figura 3.21 Dimensionamiento columna 2.



\*La fuerza componente  $F_x$  ocasiona corte en la unión de soldadura

\*La fuerza componente  $F_y$  produce compresión

Según figura 3.21. Se tiene:

$$F_y = 187 \times \sin 6^\circ = 19.54 \text{ kN}$$

$$F_x = 187 \times \cos 6^\circ = 186 \text{ kN}$$

$$M = F_x \times d = 7440 \text{ N m}$$

### 3.3.10 Cálculo por Corte

De las propiedades a la flexión de uniones de soldadura de filete se tiene (Anexo III) Área de garganta

$$A = 1.414 h (b + d) \quad (3.21)$$

$$A = 23.331 \text{ cm}^2$$

Donde:

$h = 1 \text{ cm}$  espesor de la suelda

$d = 4 \text{ cm}$ . Longitud del cordón en  $x$

$b = 12.5 \text{ cm}$ . Longitud del cordón en  $y$

Segundo Momento de Área Unitario

$$I_u = d^2 / 6 (3b + d) = 110.6 \text{ cm}^4$$

El segundo momento con respecto a centro de G.

$$I = 0.707 h I_u = 78.19 \text{ cm}^4 \quad (3.22)$$

Se resta el momento el esfuerzo cortante debido al momento y el debido a  $F_y$  para el metal soldante el esfuerzo de corte total es

$$\tau_1 = -\frac{F_y}{A} + \frac{M \cdot c}{I} \quad (3.23)$$

$$\tau_1 = 90.94 \text{ MN} / \text{m}^2$$

Donde:

$\tau_1$  = Esfuerzo cortante

$F_{y_2} = F_y / 2 = 9.77 \text{ kN}$  la fuerza esta aplicada en las dos columnas paralelas e iguales

$M_2 = M / 2 = 3720 \text{ Nm}$  el Momento esta aplicado en las dos columnas paralelas e iguales, ver figura 3-5.

$c = 0.02 \text{ m}$

$A = 2.33 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

$I = 7.82 \times 10^{-7} \text{ m}^4$

El esfuerzo cortante debido a la  $F_x$  es

$$\tau_2 = \frac{F_{x_2}}{A} \quad (3.24)$$

$$\tau_2 = 39.91 \text{ MN} / \text{m}^2$$

Donde:

$F_{x_2} = F_x / 2$

$A = 2.33 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

$$\tau_R = \sqrt{(\tau_1)^2 + (\tau_2)^2} \quad (3.25)$$

$$\tau_R = 99.31 \text{ MPa}$$

Donde:

$$\tau_1 = 90.94MPa \quad \text{Esfuerzo cortante}$$

$$\tau_2 = 39.91MPa \quad \text{Esfuerzo cortante}$$

Factor de seguridad ( $n$ ).

$$n = \frac{0.577 \cdot S_y}{\tau_R} \quad (3.26)$$

$$n = 2$$

Donde:

$$S_y = 345MPa \quad \text{Resistencia de fluencia de la suelda (Anexo III)}$$

$$\tau_R = 99.31MPa \quad \text{Esfuerzo cortante (Ec. 3.25)}$$

Nota: El factor de seguridad es dos por lo tanto resiste.

### 3.3.11 Esfuerzos en la base metálica

$$A = bd$$

$$A = 0.005 \text{ m}^2$$

Esfuerzo de Corte en la base metálica es

$$\tau_{xy} = \frac{F_x}{A}$$

$$\tau_{xy} = 18.6MPa$$

El modulo de la Sección

$$\frac{I}{c} = \frac{b \cdot d^2}{6}$$

$$\frac{I}{c} = 3.33 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

Esfuerzo de tensión en el metal primario

$$\sigma_Y = -\frac{F_Y}{A} + \frac{M \cdot c}{I}$$

$$\sigma_Y = 109.75 \text{ MPa}$$

$$\sigma' = [\sigma_Y^2 + 3\tau_{XY}^2]^{1/2}$$

$$\sigma' = 114 \text{ MPa}$$

El factor de seguridad contra falla estática en el metal base es

$$n = \frac{S_y}{\sigma'}$$

$$n = 3.03$$

### 3.3.12 Esfuerzo medio de aplastamiento

El pasador ejerce una presión sobre el borde del buje en el agujero.

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

$$\sigma = 28,75MPa$$

Donde:

$F = 92000$  N fuerza sobre el buje

$t = 0.160$  m ancho del buje

$d = 0.02$  m diámetro del pasador

El factor de seguridad para el buje es de.

$$n = \frac{S_y}{\sigma}$$

$$n = 12$$

Donde:

$S_y = 345MPa$  Resistencia de fluencia de la suelda (Anexo III)

$\sigma$  = Esfuerzo medio de aplastamiento

### 3.3.13 Determinación de la carga sobre el eslabón $P_1$ (columna)

Según el diseño tenemos cuatro columnas con cargas distribuidas equitativamente a cada una.

$$P_1 = \frac{P_{VY}}{n_{esl}} \quad (3.27)$$

$$P_1 = 6600N$$

Donde:

$P_V$  = Peso del elemento a levantar (Vehículo)

$n_{est}$  = 5 Número de columnas

### 3.3.14 Cálculo del momento de inercia producida por el peso ( $I_P$ )

$$I_P = \frac{P_1 \cdot L^2 \cdot n}{\pi^2 \cdot E} \quad (3.28)$$

$$I_P = 3.03 \times 10^{-9} m^4 \rightarrow 3034 mm^4$$

Donde:

$P_1 = 6600 N$  Carga en cada eslabón

$L = 0.55m$  Longitud de la barra (Figura 3-3)

$E = 200 \times 10^9 Pa$  Módulo de elasticidad del Acero

$n = 3$  Factor de seguridad

Acero seleccionado: 125 mm de base x 20 mm de espesor y 520 mm de altura.  
(Anexo III)

### 3.3.15 Momento de inercia del soporte del elevador Figura 3.21 ( $I_{Acero}$ )

$$I_{Acero} = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad (3.29)$$

$$I_{Acero} = 83.333 mm^4$$

Donde:

$$b = 125\text{mm} \quad \text{Base}$$

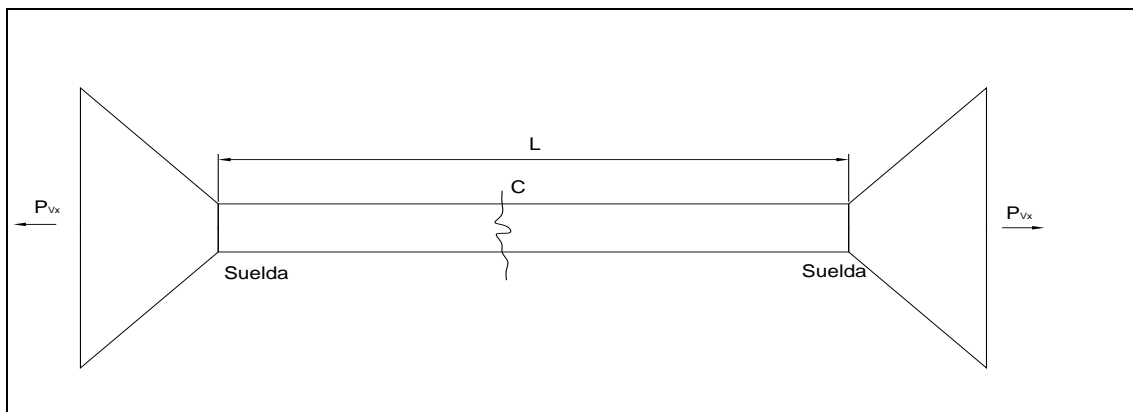
$$h = 20\text{mm} \quad \text{Espesor}$$

Nota: El Perfil seleccionado debe tener mayor rigidez que el producido por el peso ( $I_{Acero} \succ I_P$ ) y por lo tanto no existe pandeo.

### 3.3.16 Selección de la base

En el momento que realiza el trabajo el puente, el émbolo también ejerce una fuerza axial ( $P_{Vx}$ ) ver figura 3.22. La misma que actúa sobre la base, se analiza en donde existe menor área C.

Figura 3.22 Base de la plataforma.



$$P_{Vx} = P_V \cdot \cos 29^\circ \quad (3.30)$$

$$P_{Vx} = 28862\text{N}$$

Donde:

$$P_V = 33000\text{ N} \quad \text{Peso de la carga a levantar}$$



**3.3.17 Cálculo del momento de inercia producida por la carga axial ( $I_{Ca}$ )**

$$I_{Ca} = \frac{P_{Vx} \cdot L^2 \cdot n}{\pi^2 \cdot E} \quad (3.31)$$

$$I_{Ca} = 7.07 \times 10^{-10} m^4 \rightarrow 707 mm^4$$

Donde:

$$P_{Vx} = 28862 N \quad \text{Carga axial (Ec. 3.30)}$$

$$L = 1.27m \quad \text{Longitud de la base}$$

$$E = 200 \times 10^9 Pa \quad \text{Módulo de elasticidad del Acero}$$

$$n = 3 \quad \text{Factor de seguridad}$$

Acero seleccionado: de sección rectangular: 5 x 115 mm.

**3.3.17.1 Momento de inercia del acero seleccionado ( $I_{Acero}$ )**

$$I_{Acero} = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad (3.32)$$

$$I_{Acero} = 1197 mm^4$$

Donde:

$$b = 115mm \quad \text{Base}$$

$$h = 5mm \quad \text{Altura}$$

Nota: El Perfil seleccionado debe tener mayor rigidez que el producido por la carga axial ( $I_{Acero} \succ I_{Ca}$ ).

### 3.3.18 Cálculo de las uniones soldadas

La base se encuentra unida a dos soportes mediante suelda a tope como se muestra en la figura 3-22.

Cálculo del esfuerzo medio ( $\tau$ ).

$$\tau = \frac{P_{Vx}}{h \cdot l} \quad (3.33)$$

$$\tau = 41.8 \times 10^6 \text{ Pa}$$

Donde:

$$P_{Vx} = 28862 \text{ N} \quad \text{Carga axial (Ec. 3.30)}$$

$$L = 0.115 \text{ m} \quad \text{Longitud del cordón (Figura 3-22)}$$

$$h = 6 \times 10^{-3} \text{ m} \quad \text{Garganta de suelda}$$

#### 3.3.18.1 Cálculo del factor de seguridad ( $n$ )

$$n = \frac{Sy}{\tau} \quad (3.34)$$

$$n = 8.25$$

Donde:

$$Sy = 345 \text{ MPa} \quad \text{Resistencia de fluencia de la suelda (Anexo III)}$$

$$\tau = 41.8 \times 10^6 \text{ Pa} \quad \text{Esfuerzo medio (Ec. 3.33)}$$

Nota: El factor de seguridad es alto por lo tanto resiste.

### 3.3.19 Cálculo del travesaño (T)

Aquí actúa la fuerza resultante del émbolo en el momento que el puente realiza un trabajo. Ver figura 3.23.

Figura 3.23 Travesaño

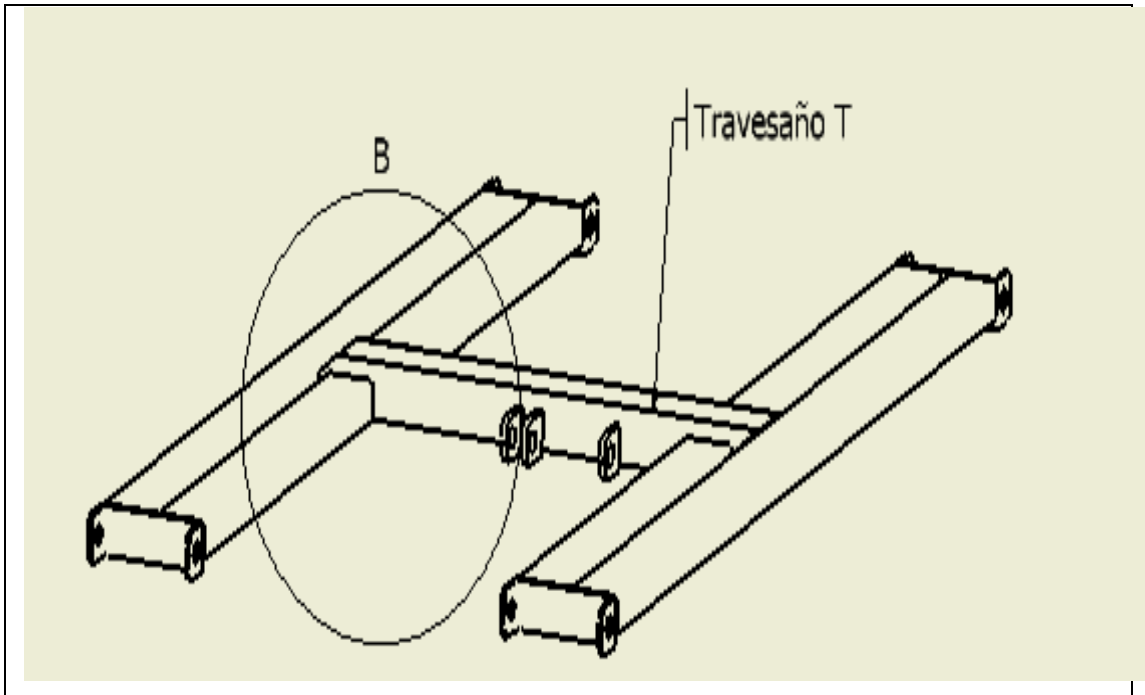
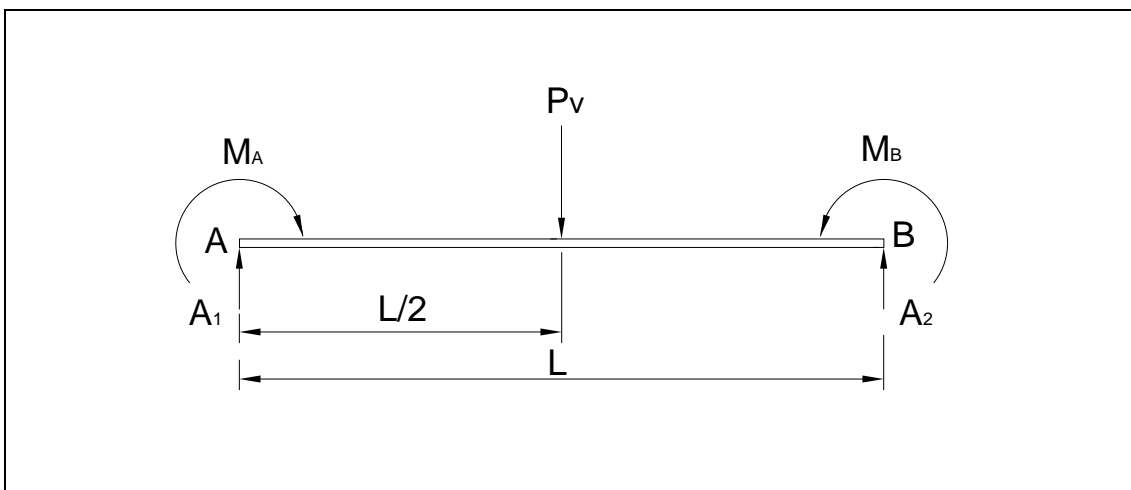


Figura 3.24 Diagrama de cuerpo libre del travesaño (T)



### 3.3.20 Cálculo de los momentos flectores ( $M_A$ y $M_B$ )

La carga de encuentra ubicado en la mitad del travesaño por lo tanto  $M_A = M_B$  y

$$A_1 = A_2$$

$$M_A = \frac{P_V \cdot L}{8} \quad (3.35)$$

$$M_A = 3135 Nm$$

Donde:

$$P_V = 33000 N \quad \text{Peso del vehículo}$$

$$L = 0.76 m \quad \text{Longitud del travesaño (Figura 3.6)}$$

### 3.3.21 Cálculo de las reacciones ( $A_1$ y $A_2$ ) Figura 3-24

$$\sum M_A = 0 : M_A + P_V \cdot \left(\frac{L}{2}\right) - A_2 \cdot (L) - M_B \quad (3.36)$$

$$3135 + (33000) \cdot \left(\frac{0.76}{2}\right) - A_2 \cdot (0.76) - 3135$$

$$A_2 = 16500 N$$

### 3.3.22 Cálculo del módulo de resistencia

$$S = \frac{M_A \cdot n}{\sigma} \quad (3.37)$$

$$S = 3.92 \times 10^{-5} m^3 \rightarrow 39.20 cm^3$$

Donde:

$M_A = 3135 Nm$	Momento flector (Ec. 3.35)
$\sigma = 240 \times 10^6 Pa$	Esfuerzo admisible del acero
$n = 3$	Factor de seguridad

- 2 Perfiles Estructurales 80 x 40 de espesor 3 mm (Anexo III)

### 3.3.23 Cálculo de la unión soldada

Para el cálculo realizamos un corte transversal de la unión soldada mostrado en la figura 3.26.

Figura 3.25 Detalle de la unión soldada.

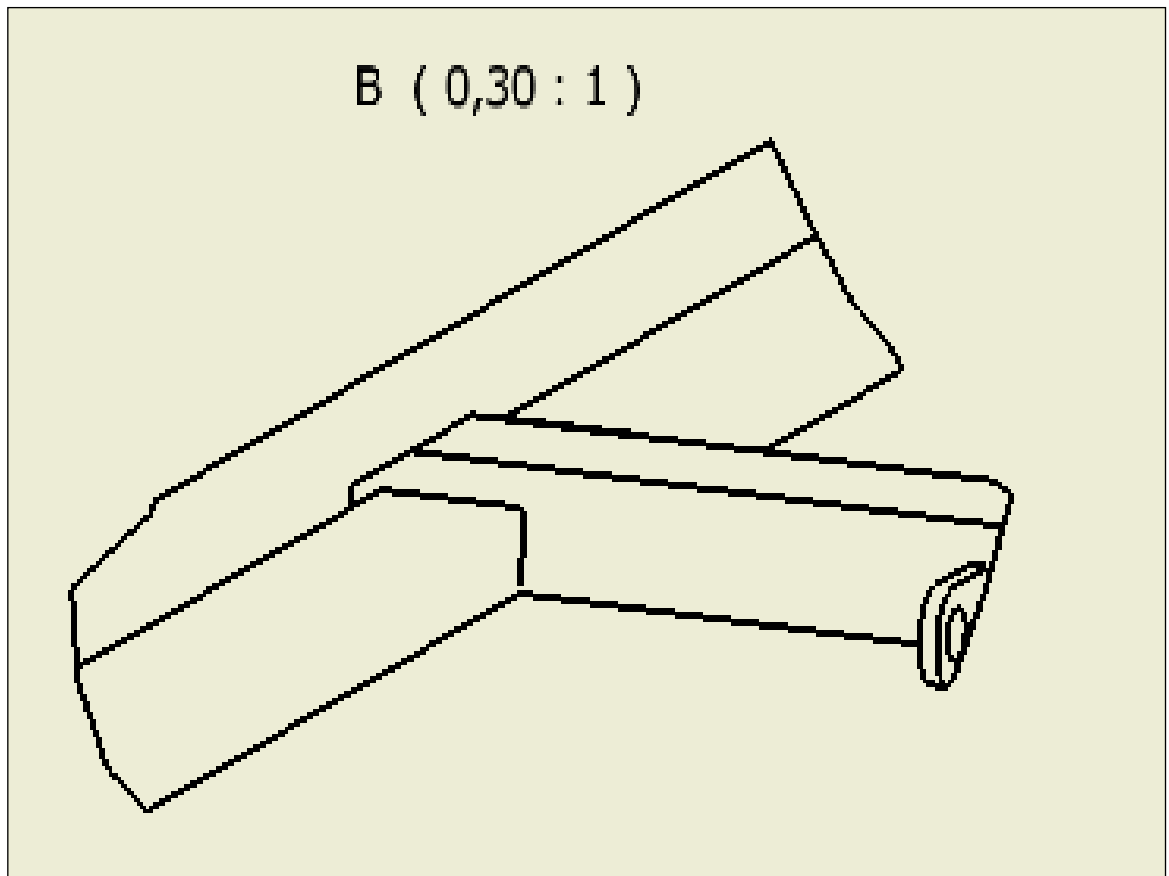
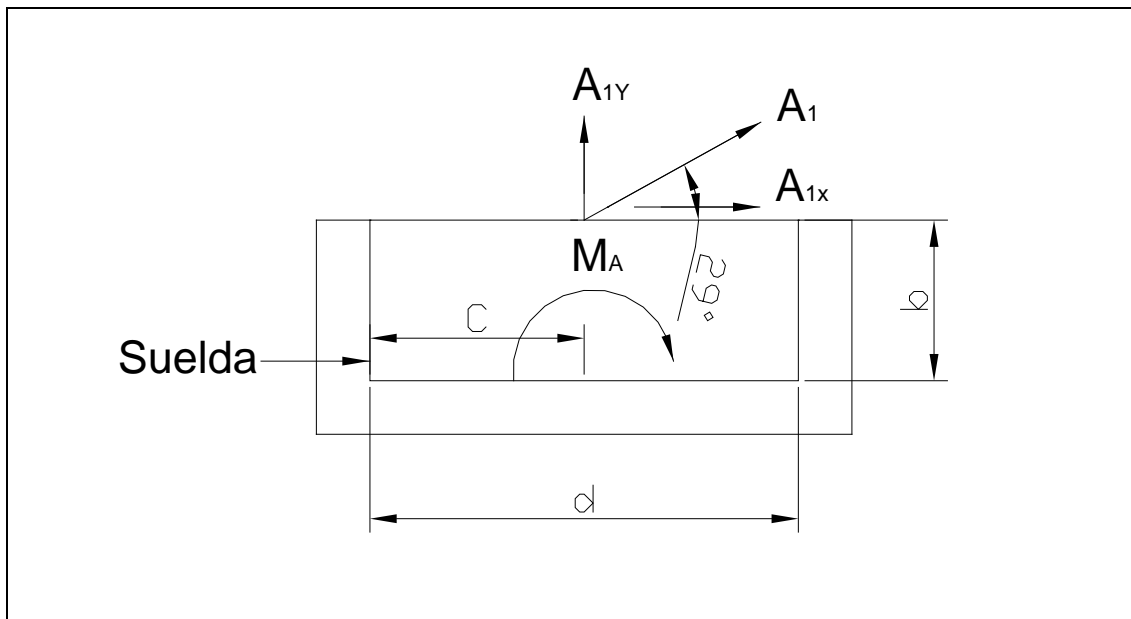


Figura 3.26 Corte transversal de la unión soldada.



### 3.3.23.1 Cálculo de las reacciones ( $A_{1x}$ y $A_{1y}$ )

$$A_{1x} = A_1 \cdot \cos 29^\circ \quad (3.38)$$

$$A_{1x} = 14431.22N$$

$$A_{1y} = A_1 \cdot \text{sen}29^\circ \quad (3.39)$$

$$A_{1y} = 7999.35N$$

Donde:

$$A_1 = 16500 N \quad \text{Reacción}$$

### 3.3.23.2 Cálculo del área del cordón de soldadura ( $A$ )

$$A = 1.414 \cdot h \cdot (b + d) \quad (3.40)$$

$$A = 101 \times 10^{-5} m^2$$

Donde:

$b = 40 \text{ mm}$     Alto del cordón de suelda

$d = 80 \text{ mm}$     Ancho del cordón de suelda

$h = 6 \times 10^{-3} m$     Garganta de suelda

### 3.3.23.3      Cálculo del primer momento de inercia ( $I_V$ )

$$I_V = \frac{d^2}{6} \cdot (3b + d) \quad (3.41)$$

$$I_V = 0.000213 m^4$$

Donde:

$b = 0.04 \text{ m}$     Alto del cordón de suelda

$d = 0.08 m$     Ancho del cordón de suelda

$h = 6 \times 10^{-3} m$     Garganta de suelda

### 3.3.23.4      Segundo momento de inercia ( $I$ )

$$I = 0.707 \cdot h \cdot I_V \quad (3.42)$$

$$I = 9.03 \times 10^{-7} m^4$$

Donde:

$$I_V = 0.000213m^4 \quad \text{Primer momento de inercia (Ec. 3.41)}$$

$$h = 6 \times 10^{-3} m \quad \text{Garganta de suelda}$$

### 3.3.23.5 Esfuerzo cortante ( $\tau_1$ ) por acción de la carga $A_{1Y}$

$$\tau_1 = \frac{A_{1Y}}{A} + \frac{M \cdot C}{I} \quad (3.43)$$

$$\tau_1 = 146 \times 10^6 Pa$$

Donde:

$$A_{1Y} = 7999.35N \quad \text{Reacción (Ec. 3.39)}$$

$$M_A = 3135Nm \quad \text{Momento (Ec. 3.35)}$$

$$C = 0.04m \quad \text{Centro}$$

$$A = 0.00101m^2 \quad \text{Área del cordón}$$

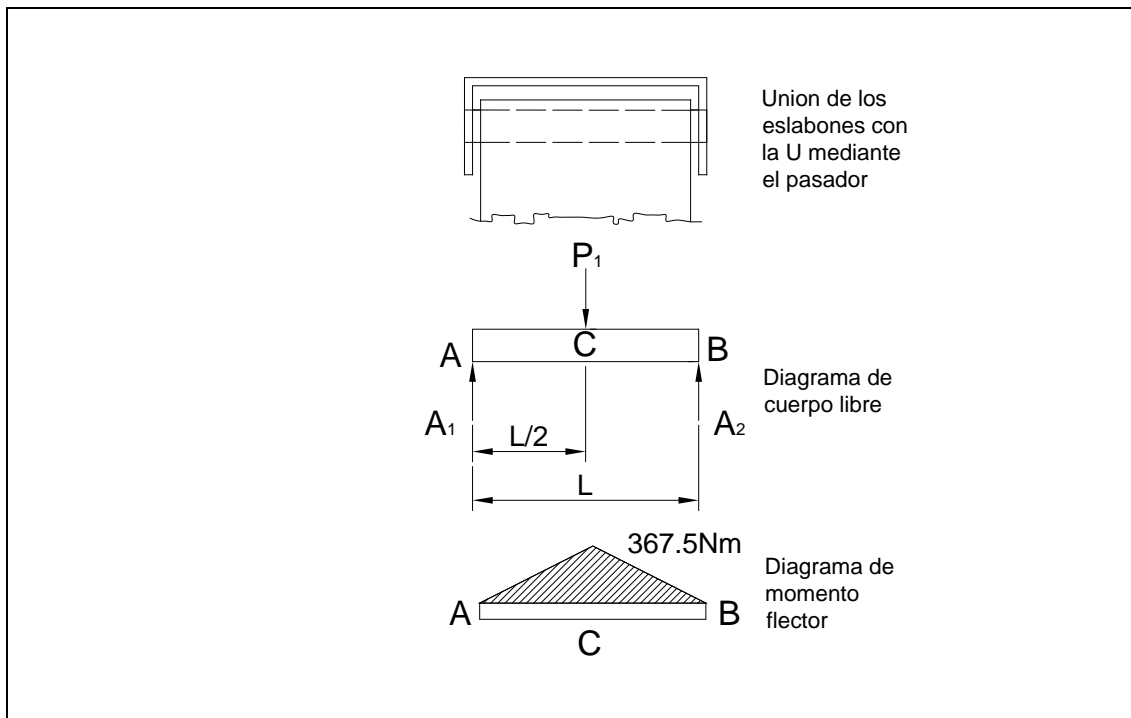
$$I = 9.03 \times 10^{-7} m^4 \quad \text{Segundo momento de inercia (Ec. 3.42)}$$

### 3.3.24 Selección de los pasadores

El puente tiene 8 pasadores ubicados en los eslabones, tanto en la parte inferior como la superior, siendo este el punto donde basculan los eslabones al momento que el puente realiza el trabajo, como se muestra en la figura 3.27. Tomamos la cargas ejercidas en cada eslabón  $P_1 = 8250 N$ . y las reacciones son iguales.

Figura 3.27 Unión de la U con los travesaños.





### 3.3.24.1 Cálculo de la reacciones ( $A_1$ y $A_2$ )

$$\sum F_y = 0 \therefore A_1 + A_2 - P_1 = 0 \quad (3.44)$$

$$A_1 + A_1 - 8250\text{N}$$

$$A_1 = 4125\text{N}$$

Donde:

$$P_1 = 8250\text{ N} \quad \text{Carga aplicada al eje (Figura 3.27)}$$

### 3.3.24.2 Cálculo del Momento Flector en C ( $M_{FC}$ )

$$M_{FC} = A_1 \cdot \frac{L}{2} \quad (3.45)$$

$$M_{FC} = 247.5\text{Nm}$$

Donde:

$$A_1 = 4125N \quad \text{Reacción (Ec. 3.44)}$$

$$L = 0.12m \quad \text{(Figura 3.27)}$$

$$\text{Seleccionamos: Acero AISI 705} \begin{cases} S_y = 68 \times 10^7 Pa \\ S_{ut} = 78.4 \times 10^7 Pa \end{cases} \quad \text{(Anexo. III)}$$

Y un diámetro:  $\phi = 0.024m$

### 3.3.24.3 Cálculo del esfuerzo flexionante ( $\sigma_{flex}$ )

$$\sigma_{flex} = \frac{32 \cdot M_{FC}}{\pi \cdot \phi^3} \quad (3.46)$$

$$\sigma_{flex} = 18.23 \times 10^7 Pa$$

Donde:

$$M_{FC} = 247.5Nm \quad \text{Momento flector (Ec. 3.45)}$$

$$\phi = 0.024m \quad \text{Diámetro del eje seleccionado.}$$

### 3.3.24.4 Cálculo del factor de seguridad (n)

$$n = \frac{S_{ut}}{\sigma_{flex}} \quad (3.47)$$

$$n = 4.28$$

Donde:

$$S_{ut} = 78.4 \times 10^7 Pa \quad \text{Resistencia última (Anexo III)}$$

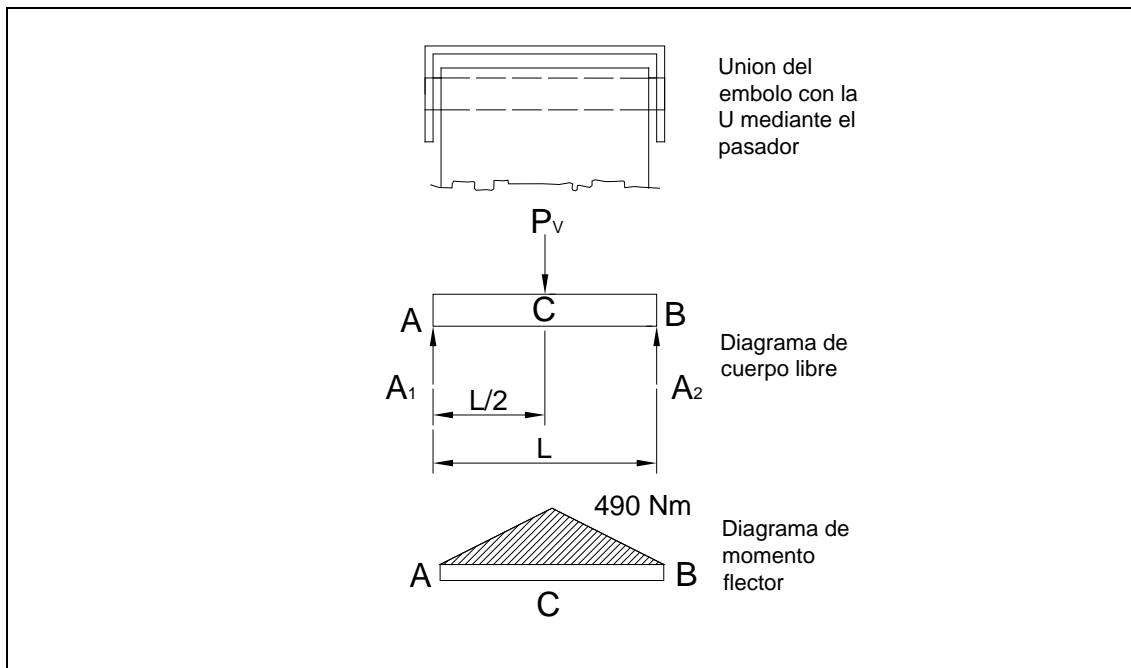
$$\sigma_{flex} = 18.3 \times 10^7 Pa \quad \text{Esfuerzo flexionante (Ec. 3.46)}$$

Nota: El factor de seguridad es alto por lo tanto resiste.

### 3.3.25 Selección del pasador del émbolo

Es el mismo de la barra de seguridad, la fuerza que actúa es de  $P_V = 33000\text{N}$ , la misma que actúa en el momento que el puente está en la etapa de trabajo. Ver figura 3.28.

Figura 3.28 Unión de la U con el émbolo.



#### 3.3.25.1 Cálculo de las reacciones ( $A_1$ y $A_2$ )

$$\sum F_y = 0 \therefore A_1 + A_2 - P_V = 0 \quad (3.48)$$

$$A_1 + A_1 - 33000$$

$$A_1 = 16500\text{N}$$

Donde:

$$P_V = 33000\text{ N}$$

Carga aplicada al eje (Figura 3.28)

### 3.3.25.2 Cálculo del momento flector en C ( $M_{FC}$ )

$$M_{FC} = A_1 \cdot \frac{L}{2} \quad (3.49)$$

$$M_{FC} = 330Nm$$

Donde:

$$A_1 = 16500N \text{ Reacción (Ec. 3.48)}$$

$$L = 0.04m \quad (\text{Figura 3.28})$$

Seleccionamos: Acero AISI 705  $\begin{cases} S_y = 68 \times 10^7 Pa \\ S_{ut} = 78.4 \times 10^7 Pa \end{cases}$  (Anexo. III)

Y un diámetro:  $\phi = 0.024m$

### 3.3.25.3 Cálculo del esfuerzo flexionante ( $\sigma_{flex}$ )

$$\sigma_{flex} = \frac{32 \cdot M_{FC}}{\pi \cdot \phi^3} \quad (3.50)$$

$$\sigma_{flex} = 24.3 \times 10^7 Pa$$

Donde:

$$M_{FC} = 330Nm \quad \text{Momento flector (Ec. 3.49)}$$

$$\phi = 0.024m \quad \text{Diámetro del eje seleccionado.}$$

### 3.3.25.4 Cálculo del factor de seguridad (n)

$$n = \frac{S_{ut}}{\sigma_{flex}} \quad (3.51)$$

$$n = 3,2$$

Donde:

$$S_{ut} = 78.4 \times 10^7 Pa \quad \text{Resistencia última (Anexo III)}$$

$$\sigma_{flex} = 24.3 \times 10^7 Pa \quad \text{Esfuerzo flexionante (Ec. 3.50)}$$

Nota: El factor de seguridad es alto por lo tanto resiste.

## 3.4 SELECCIÓN DEL GRUPO OLEOHIDRÁULICO

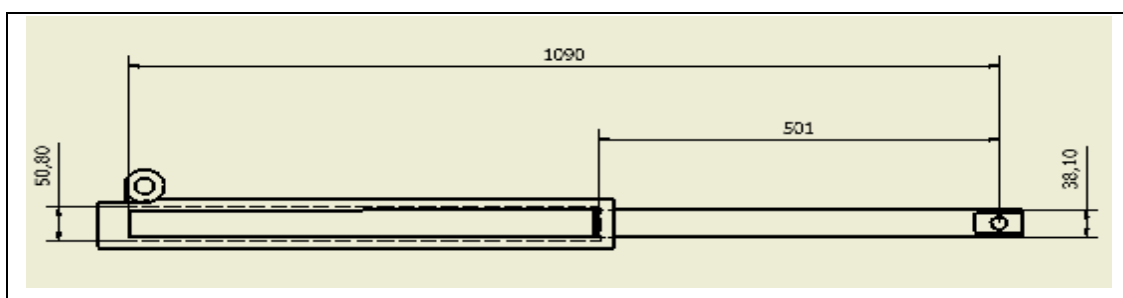
### 3.4.1 Selección del motor

Para ejercer una fuerza de 8,9 KN obtenida en la ecuación (3.14) La potencia del motor viene especificada en tablas, como se puede ver en el capítulo II -2.2.1. Datos técnicos-, para el de 10 toneladas.

### 3.4.2 Presión en el sistema (Ps)

Para determinar la presión que ejerce el embolo tomamos los datos técnicos -dimensiones- del émbolo. Ver figura 3.29.

Figura 3.29 Cilindro.



### 3.4.2.1 Cálculo del área del émbolo (Ae)

Diámetro = 5,08 cm = 0.0508 m

$$Ae = \pi \cdot r^2 \quad (3.52)$$

$$Ae = 0.002023m^2$$

Donde:

$$d = 0.0508 \text{ m} \quad \text{Diámetro del émbolo}$$

### 3.4.2.2 Cálculo de la presión del sistema (Ps)

$$Ps = \frac{Pv}{Ae} \quad (3.53)$$

$$Ps = 44.13MPa \rightarrow 441bar$$

Donde:

$$Pv = 89585 \text{ N} \quad \text{Carga}$$

$$Ae = 2.03 \times 10^{-3} m^2 \quad \text{Área del émbolo}$$

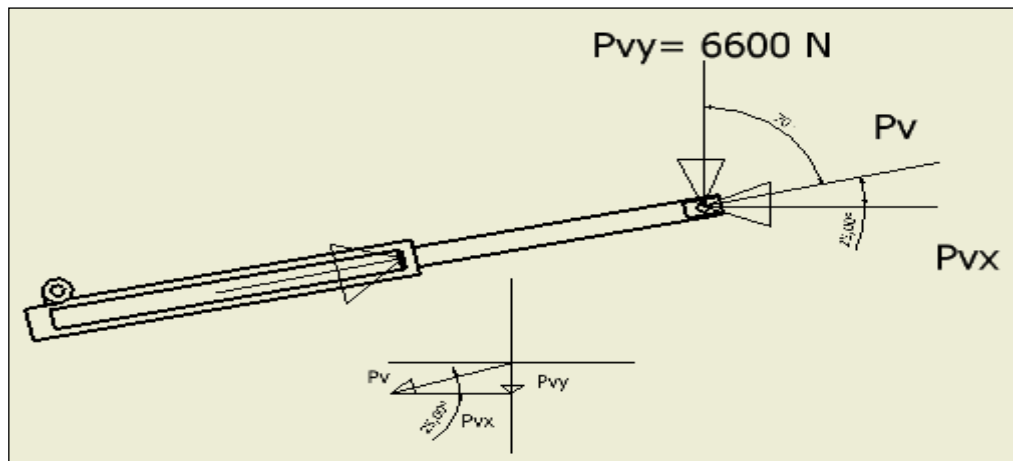
### 3.4.3 Análisis de fuerzas sobre el vástago

La Carga en el elevador está apoyada por 4 soportes y el pistón con el vástago.

$$F = 33000N / 5 = 6600N$$

Los puntos de apoyo del embolo están articulados a los dos lados, como se muestran en la figura 3.30 por lo que todo el peso actúa sobre el mismo en el momento que realiza el trabajo.

Figura 3.30 Diagrama de cuerpo libre del émbolo.



### 3.4.3.1 Cálculo de la carga de diseño ( $P_{cri}$ )

$$P_v = P_{vy} / \text{sen } 25^\circ$$

$$P_v = 19297 \text{ N}$$

$$P_{cri} = n_d \cdot P_v \quad (3.54)$$

$$P_{cri} = 73575 \text{ N}$$

Donde:

$$P_v = 24525 \text{ N} \quad \text{Peso del vehículo}$$

$$n_d = 3. \quad \text{Factor de seguridad}$$

### 3.4.3.2 Cálculo del área del émbolo ( $A_{emb}$ )

Por motivo del cálculo se impone un diámetro del émbolo  $\phi_{emb} = 0.038 \text{ m}$

### 3.4.3.3 Cálculo del momento de inercia ( $I_X, I_Y$ )

$$I_X = I_Y = \frac{\pi \cdot r^4}{4} \quad (3.55)$$

$$I_X = I_Y = 1.023 \times 10^{-7} m^4$$

Donde:

$$r = 0.019m \quad \text{Radio seleccionado}$$

### 3.4.3.4 Comprobación a pandeo

Cálculo de la carga máxima ( $P_{crit}$ )

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

$$P_{crit} = 1.01 \times 10^6 N$$

Donde:

$$I = 2.9 \times 10^{-7} m^4 \quad \text{Momento de inercia (Anexo III)}$$

$$L = 0.51m \quad \text{Longitud del Embolo (Figura 3.29.)}$$

$$E = 200 \times 10^9 Pa \quad \text{Módulo de elasticidad del Acero}$$

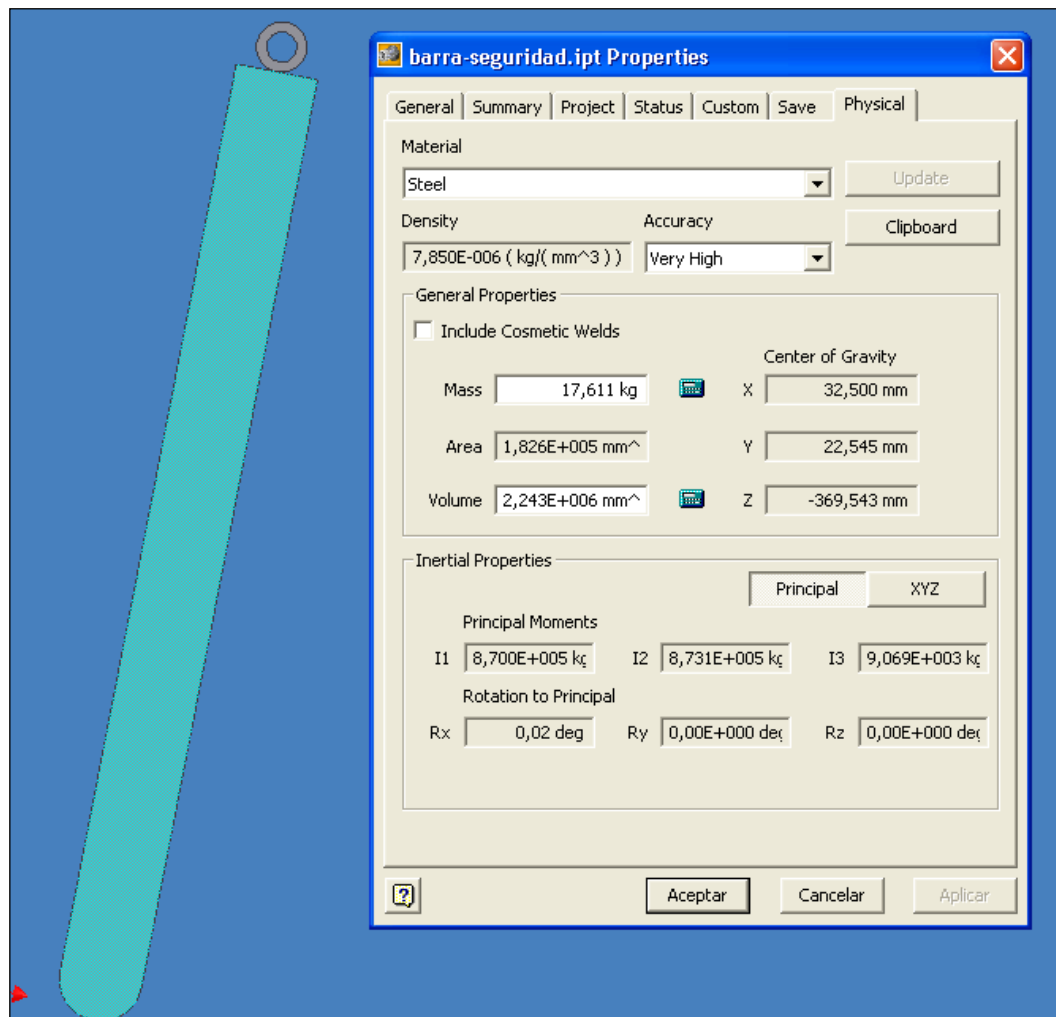
Se debe cumplir:  $P_{crit} \succ P_V \Rightarrow 1.01 \times 10^6 \succ 24525$  Por lo tanto no falla a pandeo.



### 3.4.4 Selección de la barra de seguridad

Al permanecer la plataforma elevada el peso del embolo se trasladada a la barra de seguridad, la cual se muestra en la figura 3.31.

Figura 3.31 Barra de seguridad.



#### 3.4.4.1 Cálculo del momento de inercia producida por el peso ( $I_p$ )

$$I_p = \frac{P_v \cdot L^2 \cdot n}{\pi^2 \cdot E} \quad (3.56)$$

$$I_p = 1.65 \times 10^{-8} m^4 \rightarrow 1.65 \times 10^4 mm^4$$

Donde:

$$P_V = 19297 N \quad \text{Peso de la carga a levantar}$$

$$L = 0.75m \quad \text{Longitud de la barra (Figura 3-3)}$$

$$E = 200 \times 10^9 Pa \quad \text{Módulo de elasticidad del Acero}$$

$$n = 3 \quad \text{Factor de seguridad}$$

$$I/c = 4.34 \times 10^{-8} m^3$$

$$S_{Acero} = \frac{b \cdot h^2}{6} = I_p / c$$

$$S_{Acero} = 3.16875 \times 10^{-5}$$

$$c = 0.380m$$

$$b = 45$$

$$h = 65$$

Se Selecciona un eje cuadrado de 65 x 45 x 760mm el  $S_{acero} > I/c$  del peso el material resiste.

### 3.5 REQUERIMIENTO DE MATERIALES

Posición	Cantidad	Denominación	Dimensiones	Material
1-1.	2	Soporte Móvil	302x202x6	Assab705
1-2.	1	Rampa Móvil	D=20x202	Plancha Negra
2-2.	4	Soporte Pasador	175x60x6x50	Assab705
2-4.	3	Soporte eje pasador	Platina 45x65x10	Plancha Negra
3-1.	2	Soporte eje pistón	147x127x8	Assab705
3-3.	1	Base1.1	895x355x6	Plancha Negra
3-4.	1	Base 2	1245x117x10	Plancha Negra
3-5.	1	Base 3	895x790	Plancha Negra
4-2.	1	Soporte pasador pistón	D=50x102	Assab705
5-1.	2	Buje	D=40x162	Assab705
5-2.	1	Soporte Principal	140x522x20	Assab705
5-3.	1	Soporte Buje	140x42x20	Assab705
6-1.	2	Plataforma Lateral	614x1250x9	Plancha Negra
6.3.	6		100x442x6	Plancha Negra
8-2.	1	Soporte Columna	140x482x2	Assab705
x.x	4	pasador rampa	D=20x162	Assab705

### 3.6 PLANOS Y DETALLES

Dentro del proceso de diseño fue necesario realizar los planos mediante un programa de simulación (auto CAD) los mismos que se encuentran en anexos.

## **CAPÍTULO IV**

### **CONSTRUCCIÓN DEL ELEVADOR**

#### **4.1 PROCESO DE TRABAJO**

El proceso de trabajo como parte de la elaboración del mecanismo, es el resultado del cálculo y diseño de elementos como: bujes, planchas de metal, pernos, pasadores, soldadura y un grupo hidráulico. El proceso de trabajo esta detallado en el anexo II “hojas de proceso” en este se muestra de una manera particular -paso a paso- la elaboración de partes y piezas para llegar al producto final.

#### **4.2 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO**

Una vez construidas las partes y adquirido todos los componentes del mecanismo, el siguiente paso es el ensamblaje y la prueba de funcionamiento juntando la parte mecánica y electrohidráulica, estas pruebas nos indicarán el comportamiento de los elementos y el conjunto mismo funcionando bajo condiciones normales de operación.

La activación se realizó mediante un control manual –switch- el cual además sirve para la regulación de la altura, el descenso está a cargo de una palanca de alivio que permite el control del declive de forma automática.

En las pruebas realizadas, se comprobó la hermeticidad del depósito y los conductos hidráulicos obteniendo una óptima estanqueidad, la funcionalidad de la válvula de comando y su sistema de alivio cuando el pistón llega a su máxima carrera, además se probaron los tiempos de subida en cada punto del mecanismo, tomando en consideración los modelos de autos más comunes en el mercado que están en un rango de peso de 1 a 2.5 toneladas, Ej. –Ford Fiesta 1,070 toneladas, Ford F150 2,375 toneladas-.

El mecanismo elevador electrohidráulico diseñado en este proyecto opera con motor eléctrico de 1.5 Kw, 1700 rpm, el voltaje de alimentación está en el rango de 220V A/C, el ensamble se lo realiza primero con la implantación de plataforma principal que es la que va en el piso y soporta todos los componentes, luego se procede con la colocación de los elementos más grandes y se finaliza con los elementos de potencia.

Con la ayuda de una fuente externa de corriente se comprueba el funcionamiento del motor y luego el funcionamiento del conjunto. Estas pruebas se las realizan de la forma más rigurosa para garantizar el funcionamiento óptimo del sistema ya que un pequeño error en ésta parte, podría echar a perder todo el trabajo hasta aquí realizado.

#### **4.2.1 Prueba sin carga**

Esta prueba consiste en la elevación del mecanismo sin más carga que el peso de su propia estructura, esta elevación se realizó en un tiempo aproximado de 25 segundos y su descenso fue de alrededor de 50 segundos, teniendo una altura de máxima elevación desde el piso de 53 cm. el mismo que se ejecutó con total libertad y sin ningún tipo de inconveniente.

#### **4.2.2 Prueba con carga**

Para realizar esta prueba se usó dos modelos de vehículos, el primero un automóvil de 1,070 toneladas, el recorrido de subida lo cumplió en un tiempo de 25 segundos, y el descenso lo efectuó en 20 segundos, luego se usó una camioneta doble cabina -FORD F 150- con un peso aproximado de 2.3 toneladas, la elevación se realizó en un tiempo de 25 segundos, y su descenso fue mucho más rápido – 14 segundos- superando el tiempo de subida. El descenso rápido es debido a que el peso del vehículo hace que el aceite del pistón se evacue rápidamente ya que el pistón utilizado es de simple efecto.

La altura desarrollada es de 53 cm. medida desde el piso, cabe recalcar que la subida fue constante y sin ningún tipo de variación en cuanto a su velocidad. Con el vehículo levantado se liberó la presión del sistema, y entró en funcionamiento la barra de seguridad, la misma que soportó toda la carga sin ninguna novedad.

### **4.3 MANUAL DE USO Y MANTENIMIENTO**

#### **4.3.1 Uso**

El mecanismo elevador ha sido construido según los estándares y las normas de seguridad con un factor de  $n=2$ . Sin embargo, su utilización puede constituir un riesgo pudiendo causar al operario invalidez total o parcial. El elevador debe ser utilizado sólo si está en buenas condiciones de trabajo y para los usos para los cuales ha sido proyectado, debe ser utilizado sólo por personal que tenga perfecto conocimiento de los riesgos que conlleva el uso del mecanismo. Cualquier problema de funcionamiento, en particular los que repercuten en la seguridad del elevador, debería ser solucionado inmediatamente.

El Mecanismo es una composición fácil de ensamblar, proyectado exclusivamente para levantar vehículos, la utilización del elevador para otras finalidades no indicadas anteriormente, debe ser considerada contraria al uso previsto. Quienes fabricamos no podremos ser considerados responsables de los daños causados por dicha utilización. El riesgo es enteramente a cargo del usuario.

El mecanismo consta de una plataforma de carga que es en donde se asienta el automóvil de forma totalmente horizontal con el freno de estacionamiento puesto, para luego pulsar el botón de inicio o arranque mostrado en la figura 4.1 que esta adosado al motor generador y dejarlo en la altura requerida, también dispone de un mecanismo de seguridad el cual funciona mediante una traba mecánica y es accionado automáticamente al subir el elevador, para destrabarlo se debe subir completamente y girar su leva inferior mediante una palanca de activación.

Figura 4.1 Botón de arranque.



El descenso se realiza mediante una palanca ubicada en el cuerpo de válvulas, ver figura 4.2 la cual se acciona y libera la presión dando lugar a la descarga del aceite del pistón al depósito y por ende su bajada.

Figura 4.2 Válvula de alivio.



#### 4.3.1.1 Ficha Técnica

<b>Mecanismo elevador</b>	
Capacidad de carga:	2500 Kg.
Altura estándar:	10 cm.
Altura máxima de elevación:	53 cm.
Peso unidad:	250 Kg.
Diámetro pistón:	3,8 cm.
Voltaje motor:	230 V/60 Hz.
Potencia motor:	1,5 Kw.

#### 4.3.2 Mantenimiento

La actividad del mantenimiento es tan antigua como la propia revolución industrial, la preocupación por la correcta generación del vapor y el establecimiento de la producción aún pareciendo rudimentaria en los inicios, han hecho necesario la planificación, organización y el diseño de actividades de manutención o entretenimiento.



#### 4.3.2.1 El mantenimiento preventivo

Se considera primario para todo equipo y pretende minimizar el impacto del proceso de degradación que sufren los equipos por el mero hecho de estar en funcionamiento. Con sus actividades programadas, se persigue el objetivo de mantener el mecanismo, en todo instante, con la condición operativa para la cual fue diseñada.

Al actuar, en términos de parámetros de fiabilidad, sobre la tasa de fallos de los componentes del sistema el mantenimiento preventivo contribuye a mantener o a aumentar el tiempo hasta el fallo y, en consecuencia, mantener o "aumentar la fiabilidad" de dichos componentes, conociendo, no obstante a estar prevenidos de que las propiedades de la durabilidad ,la primera que esboza la teoría de la fiabilidad , se alcanza desde el diseño ,por tanto el término aumento de la fiabilidad es relativo en este sentido.

Es preciso inspeccionar con la frecuencia que indica la Tabla 4.1 y 4.2, el mantenimiento incluye inspecciones visuales, controles funcionales y limpieza.

Los intervalos vienen indicados como sigue:

Tabla 4.1 Intervalos de mantenimiento.

<b>S:</b>	Semanal
<b>3M:</b>	3 meses
<b>12M:</b>	Anual

Tabla 4.2 Tabla de control.

Descripción	S	3 M	12 M	Actividad	Comentarios
Etiquetas de carga e instrucciones	x			Control visual	
Unidad de control	x			Control funcional	
Partes eléctricas	x			Control funcional	
Líneas de presión	x			Control visual	
Plataforma		X		Control visual, Corrosión, pliegues, aplastamientos	
Bujes articulados		X		Control funcional	
Tornillos y tuercas	x			Control visual	
Condiciones de las Soldaduras		X		Control visual	
Control periódico y test			X	Test efectuado por técnico habilitado	
Aceite	x			Control visual	
Grasa		X		Control visual	

#### 4.3.2.2 El mantenimiento correctivo

Por otra parte, un eficiente mantenimiento correctivo tiende, una vez ocurrido el fallo, a disminuir o eliminar la indisponibilidad del equipo fallado y en consecuencia a mantener o a aumentar la disponibilidad del activo.

Es importante señalar que la disponibilidad va a depender tanto de la propia disponibilidad de los equipos que la integran como de la adecuación de su diseño o interrelación entre dichos equipos para realizar las funciones previstas, en un trabajo en armonía con los demás procesos industriales o técnicos con los que se vinculan. Dichas tareas como el monitoreo, control e inspección y el diagnóstico; no inciden en la frecuencia del fallo; sino en el fallo en sí.

La utilización de las máquinas es un proceso fundamental en el sistema de explotación, su efectividad depende ante todo del modo racional de su uso. En este proceso cumplen con una importante función las propiedades que determinan la funcionalidad, el rendimiento, la fiabilidad y las tareas del mantenimiento.

#### 4.4 DETERMINACIÓN DE COSTOS DE FABRICACIÓN

Descripción	Cantidad	Precio	
Plancha de 6 mm	1	45	
Platina 160x19	1	122	
Bujes y ejes	1	83	
Tubo 80x40x3	1	92	
Ejes y bisagras	1	6,20	
Cortes y doblado		47	
Pernos de 1/2 plg	8	4	
Pernos de 3/4 plg	8	8	
Grupo generador de presión	1	830	
Pistón	1	320	
Suelda E7018	40	27	
Pintura	1	70	
Mano de obra		700	
Aceite hidráulico	1	100	
Manguera de presión	1	34	
	Total	2418.2	\$

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El mecanismo resulto costoso, debido a la adquisición de los componentes electrohidráulicos que no existían en el país teniendo que ser importados, en cuanto a los materiales –planchas, tubos estructurales, platinas, etc.- el precio variaba debido a la cotización del hierro.

Al proceder con la construcción del mecanismo, este tuvo algunas modificaciones debido a la optimización, costo y adquisición de los materiales, teniendo que realizar variaciones en diferentes secciones del elevador, pero eso sí, sin modificar su funcionalidad y su seguridad, manteniendo todo el tiempo un factor de seguridad superior a 2, para estos criterios y cambios efectuados sobre el mecanismo , fue de gran ayuda la experiencia de técnicos industriales que con sus conocimientos en la rama , nos pudieron dar un apoyo en todo el proceso de construcción y montaje.

Al realizar una comparación con maquinaria importada de las mismas características existentes en el mercado, El producto es totalmente competitivo en cuanto a su rendimiento y funcionalidad, ya que está fabricado con materiales tales como: Acero Assab 705 utilizado en los bujes y eslabones, plancha negra en bases y plataformas, en el ensamblaje soldadura eléctrica E 7018 y componentes electrohidráulicos de alta calidad, en cuanto al precio del equipo este es superior, pero con la fabricación de un número más representativo de elevadores, el precio disminuirá considerablemente al no existir desperdicio de materiales.

De esta manera es muy gratificante haber concluido el proyecto con satisfacción ya que las expectativas creadas durante el diseño y la construcción del mecanismo, fueron superadas en gran parte, pudiendo así garantizar la funcionalidad y resistencia del elevador para el trabajo que fue diseñado.

## BIBLIOGRAFIA

### Referencias Bibliográficas

- DUBBEL M, Manual del Constructor de Máquinas, Segunda Edición, Barcelona-España, Editorial Labor S.A. 1988.
  
- GARCIA PASCUAL Luis, Teoría de máquinas: Diseño y Cálculo. Segunda Edición Machis ES, Edición ICAI. 1982. 691p.
  
- JIMÉNEZ DE CISNEROS, Luis María, Manual de Óleo Hidráulica. Segunda Edición. Barcelona. ES. Edit. Blume. 1996.
  
- MIRAVETE Antonio, Transportadores y Elevadores, Primera Edición, Universidad de Zaragoza – ES. Departamento de Ingeniería Mecánica, 1996.
  
- NORTON Robert L, Diseño de máquinas. Tercera Edición. MÉXICO MX. Prentice Hall. 1999. 1040p.
  
- ROCA RAVELL, Felip, Óleo Hidráulica Básica; Diseño de Circuitos. Barcelona. ES. Universidad Politécnica de Cataluña. 2000. 247p Fig.
  
- SERRANO NICOLÁS, Antonio, Óleo Hidráulica, Segunda Edición. Madrid. ES. Mc Graw Hill. 2002. 483p.

**Referencias Electrónicas**

Bartoli, Máquinas y Herramientas, Elevadores, Merlo Italia 2008,

<http://www.bartolisrl.com>

Nussbaum, Productos, Elevadores, Alemania 2009, <http://www.nussbaum-lifts.de>

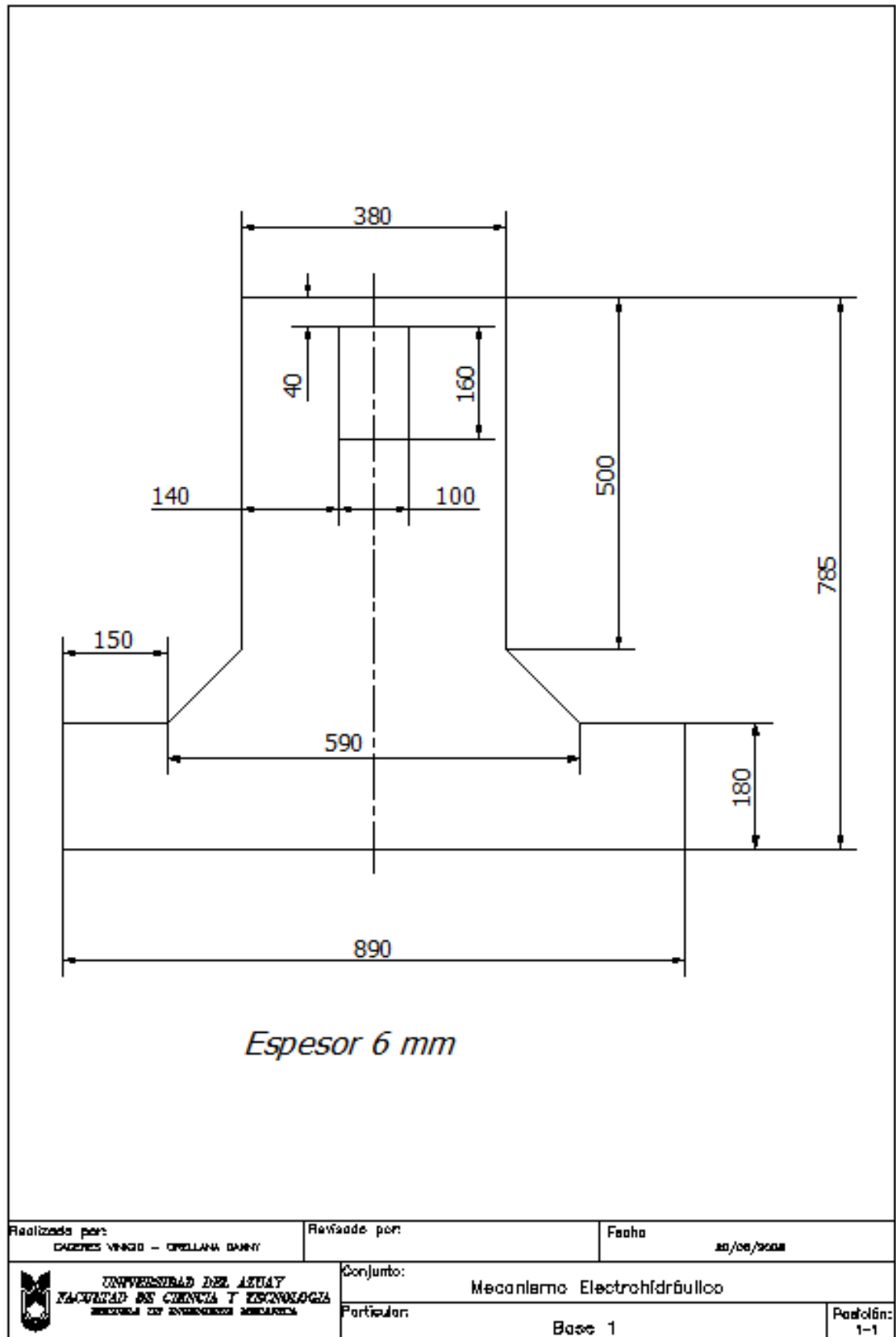
Ravaglioli SpA, Productos, Elevadores, Bologna Italia, <http://www.revaglioli.com>

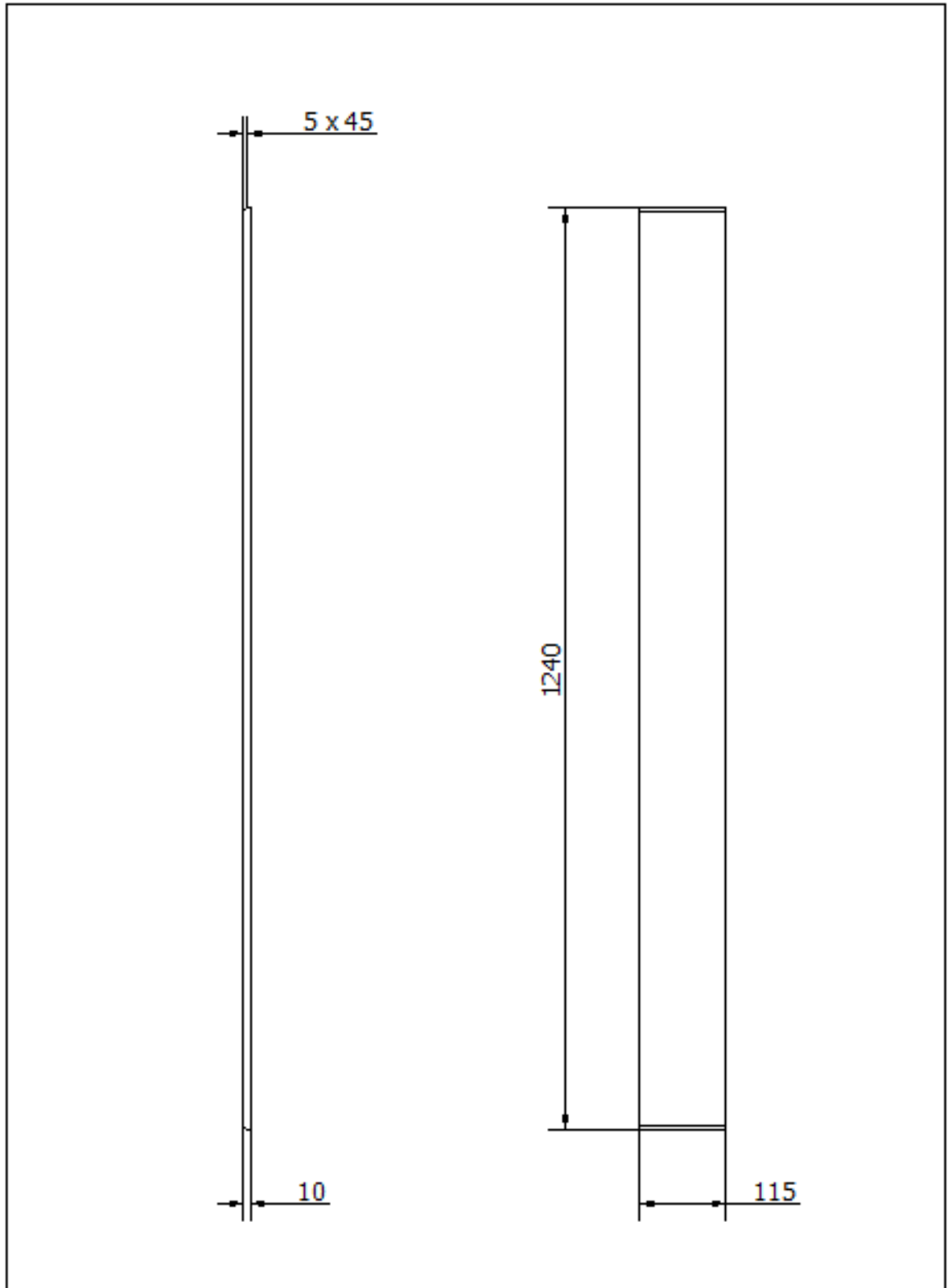
Sefac, Products, Road Lifts, Baltimore USA, <http://www.sefac.com>


Serca, Productos, 2003 Veturilo. <http://www.serca.es>

**ANEXOS**

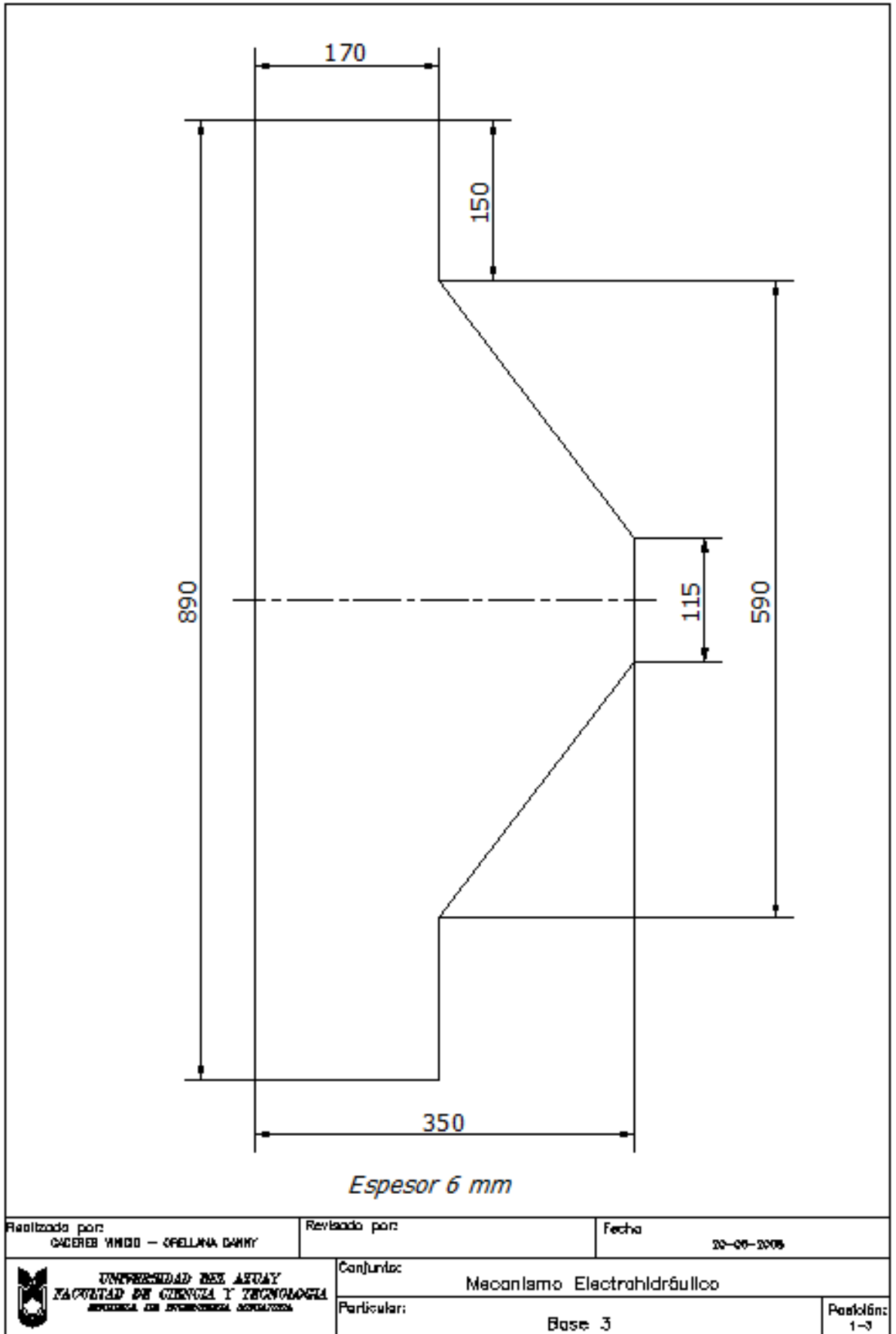
**Anexo I. Planos y Detalles (Auto CAD).**

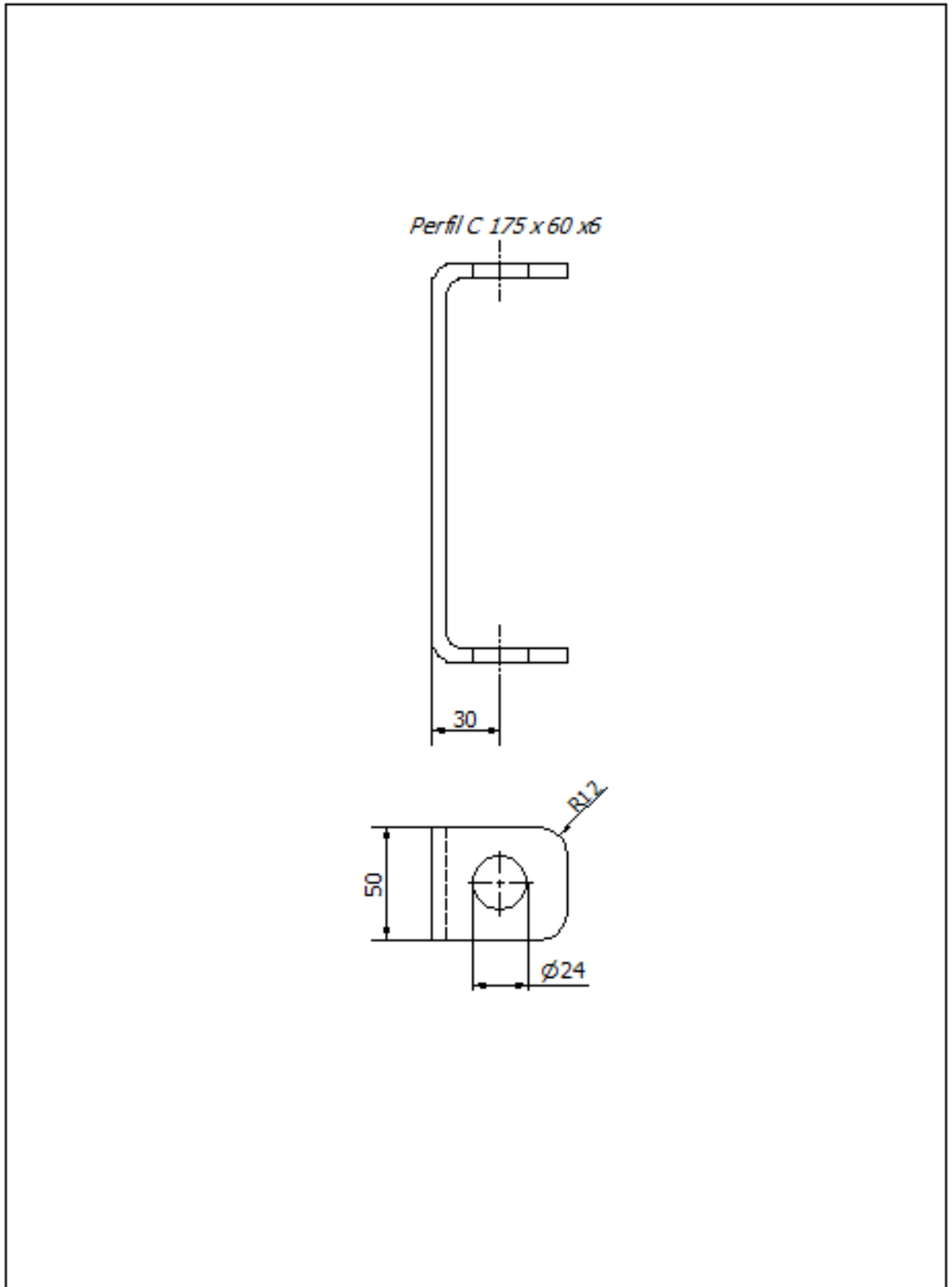





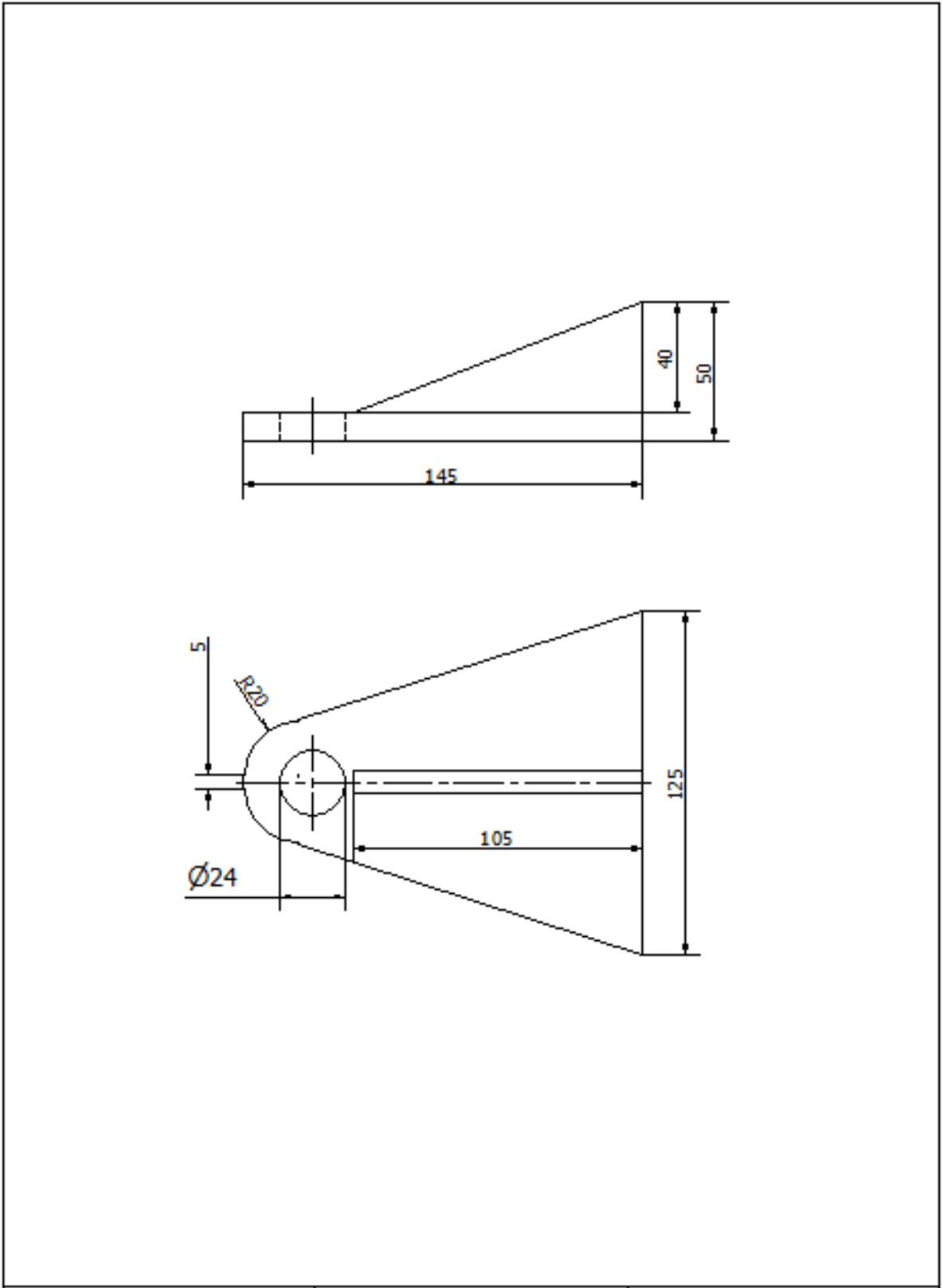
Realizada por: CACERES ORTUÑO - ORELLANA MURILLO	Revisado por:	Fecha 20-08-2008
 UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA INSTITUTO DE INVESTIGACIONES TECNOLÓGICAS	Conjunto: Mecanismo Electrohidráulico	
	Particular: Base 2	Hoja No: 1-2



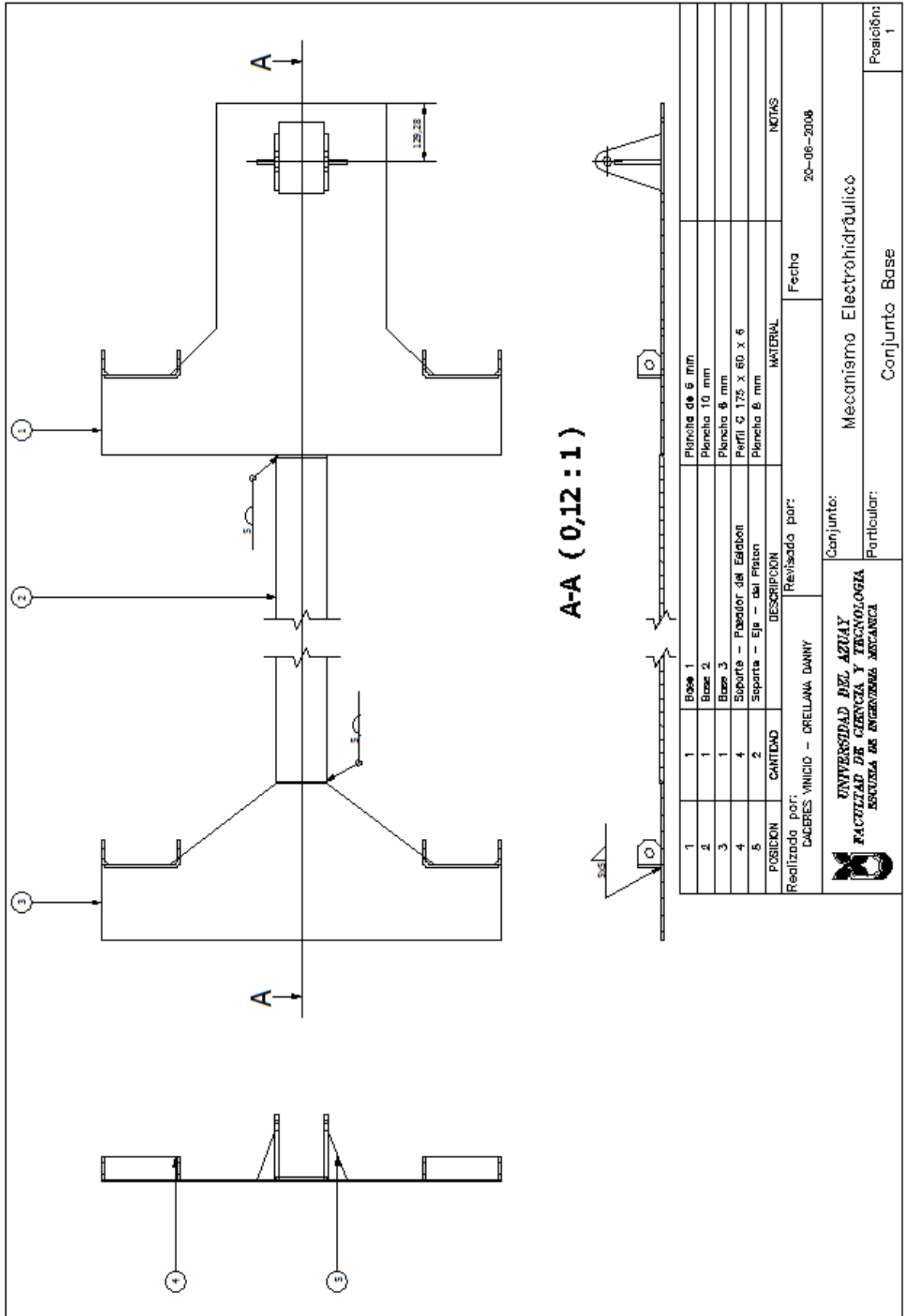


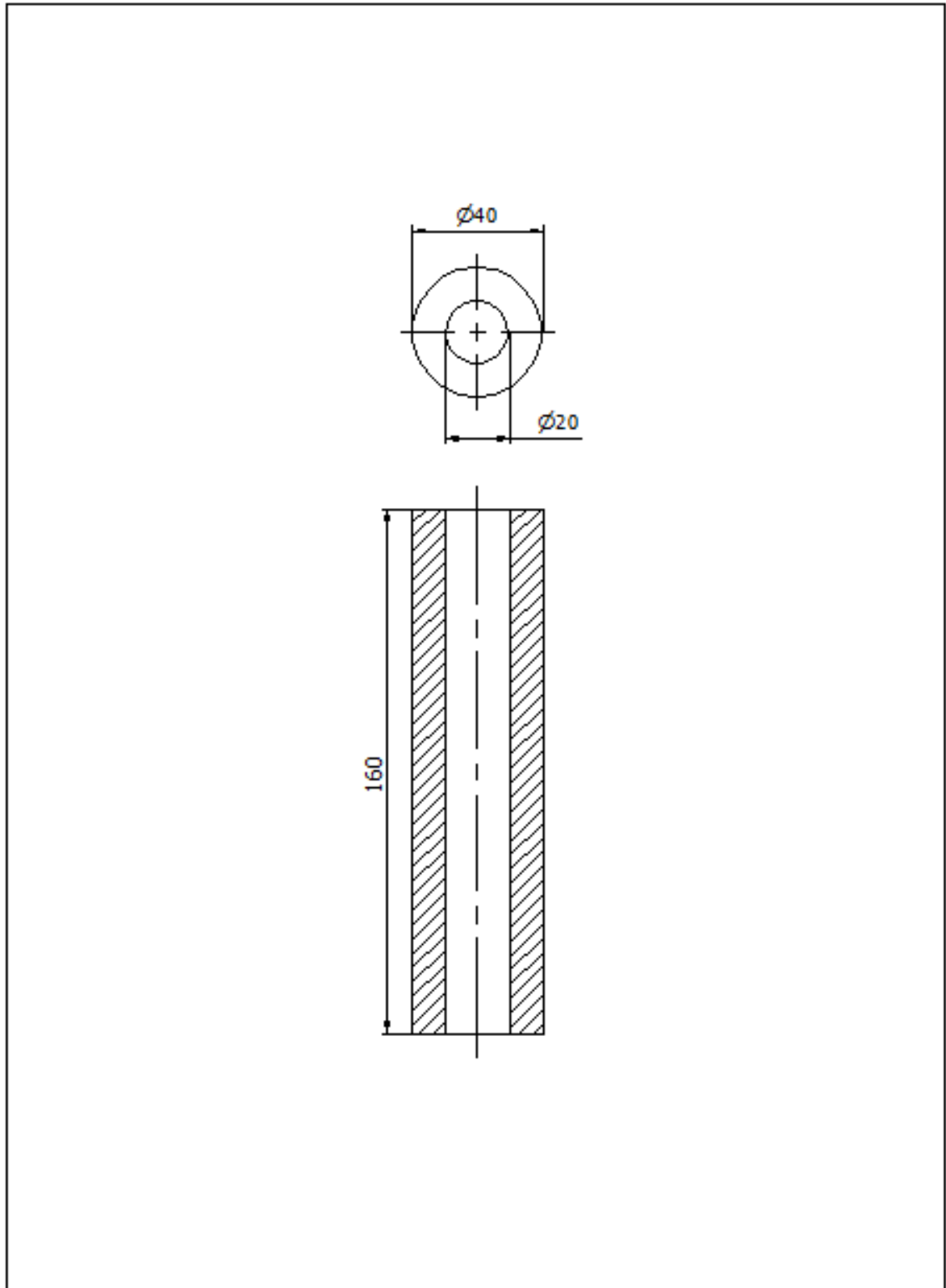



Realizada por: CACERES VIKO - ORELLANA DANNY	Revisado por:	Fecha 20-08-2008
 <b>UNIVERSIDAD DEL AZUAY</b> <b>FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA</b> <small>INSTITUTO DE INVESTIGACIONES TECNOLÓGICAS</small>	Conjunto: Mecanismo Electrohidráulico	Parte Núm: 1-1
	Particular: Soporte pasador del estabón	

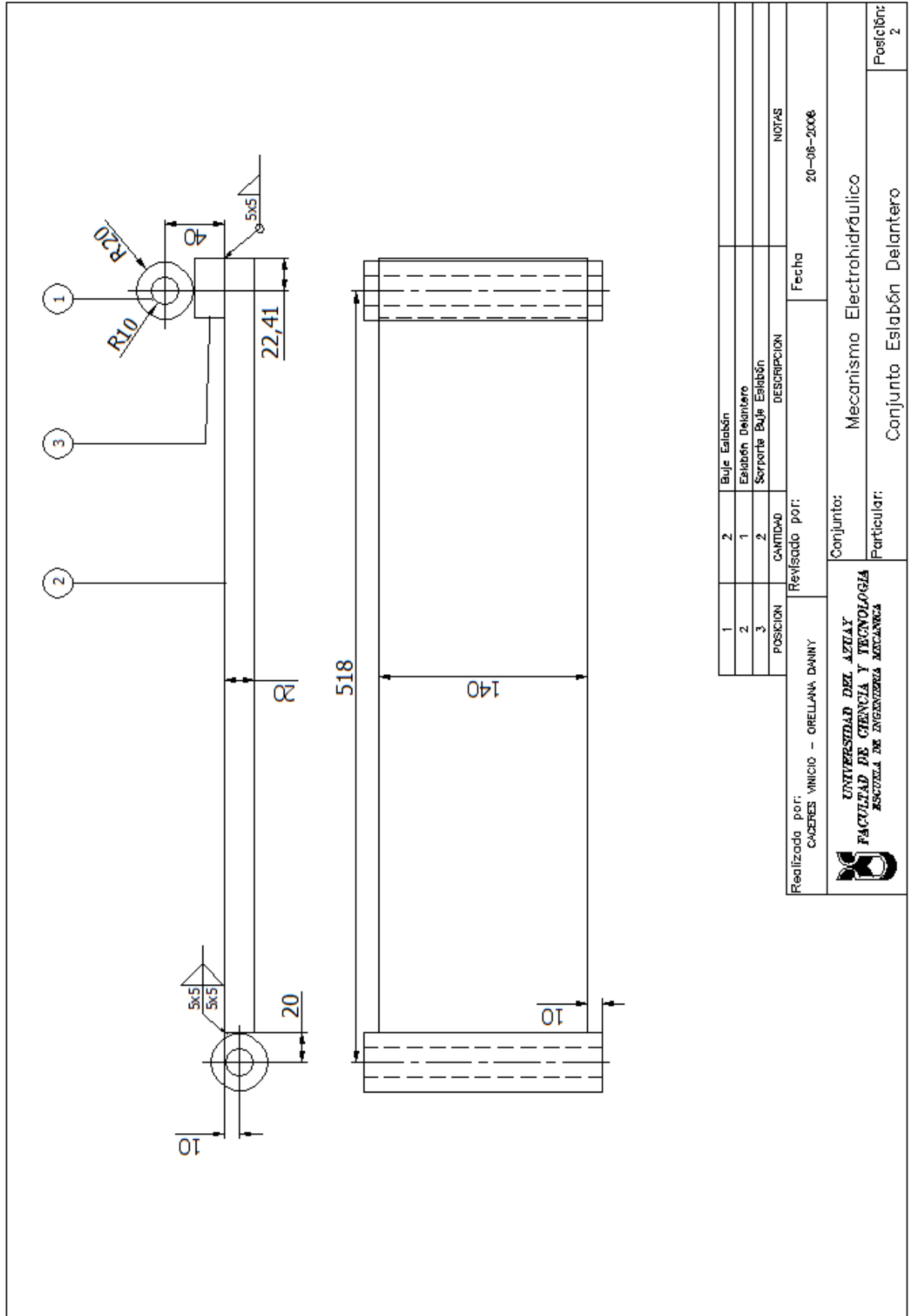



Realizado por: CÁCERES ORTUÑO - ORELLANA MURILLO	Revisado por:	Fecha 20-06-2008
 UNIVERSIDAD REY JUAN CARLOS I FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS	Conjunto: Mecanismo Electrohidráulico	Parte: 1-3
	Particular: Soporte eje del pistón	

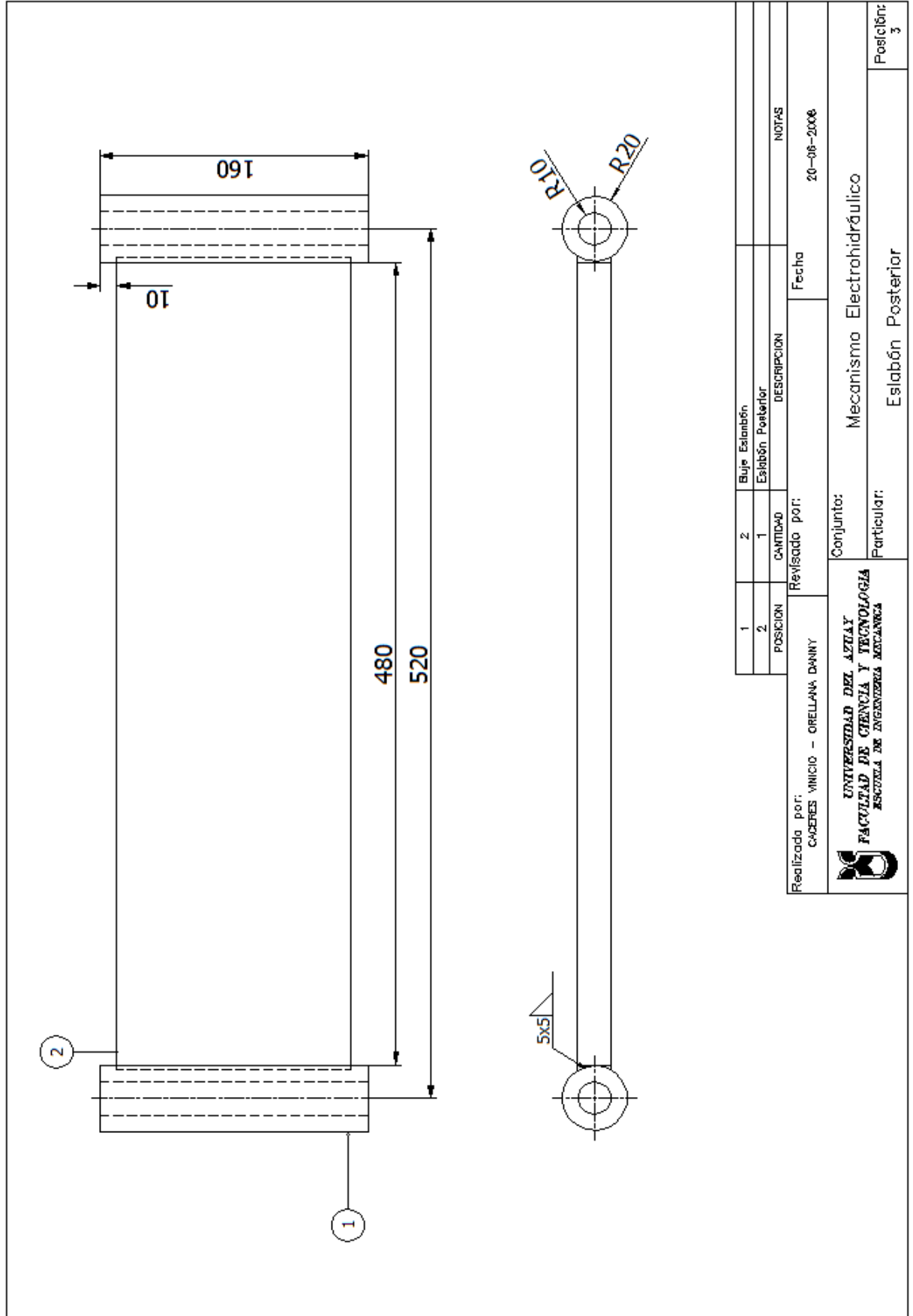





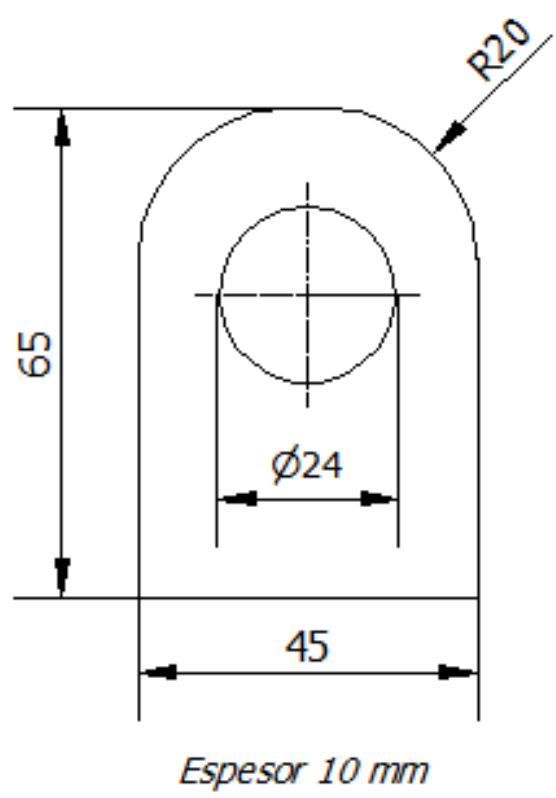
Realizado por: CÁCERES VINCIG - ORELLANA DANNY	Revisado por:	Fecha 20-05-2008
 UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA	Conjunto: Mecanismo Electrohidráulico	
	Particular: Buje eslabón	Page/Total 2-1




1	2	Buje Eslabón	
2	1	Eslabón Delantero	
3	2	Soporta Buje Eslabón	
POSICION	CANTIDAD	DESCRIPCION	NOTAS
Realizado por:		Revisado por:	Fecha
CÁCERES VINCIO - ORELLANA DANNY			20-06-2006
 UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA		Conjunto: Mecanismo Electrohidráulico	
		Particular: Conjunto Eslabón Delantero	
			Posición: 2

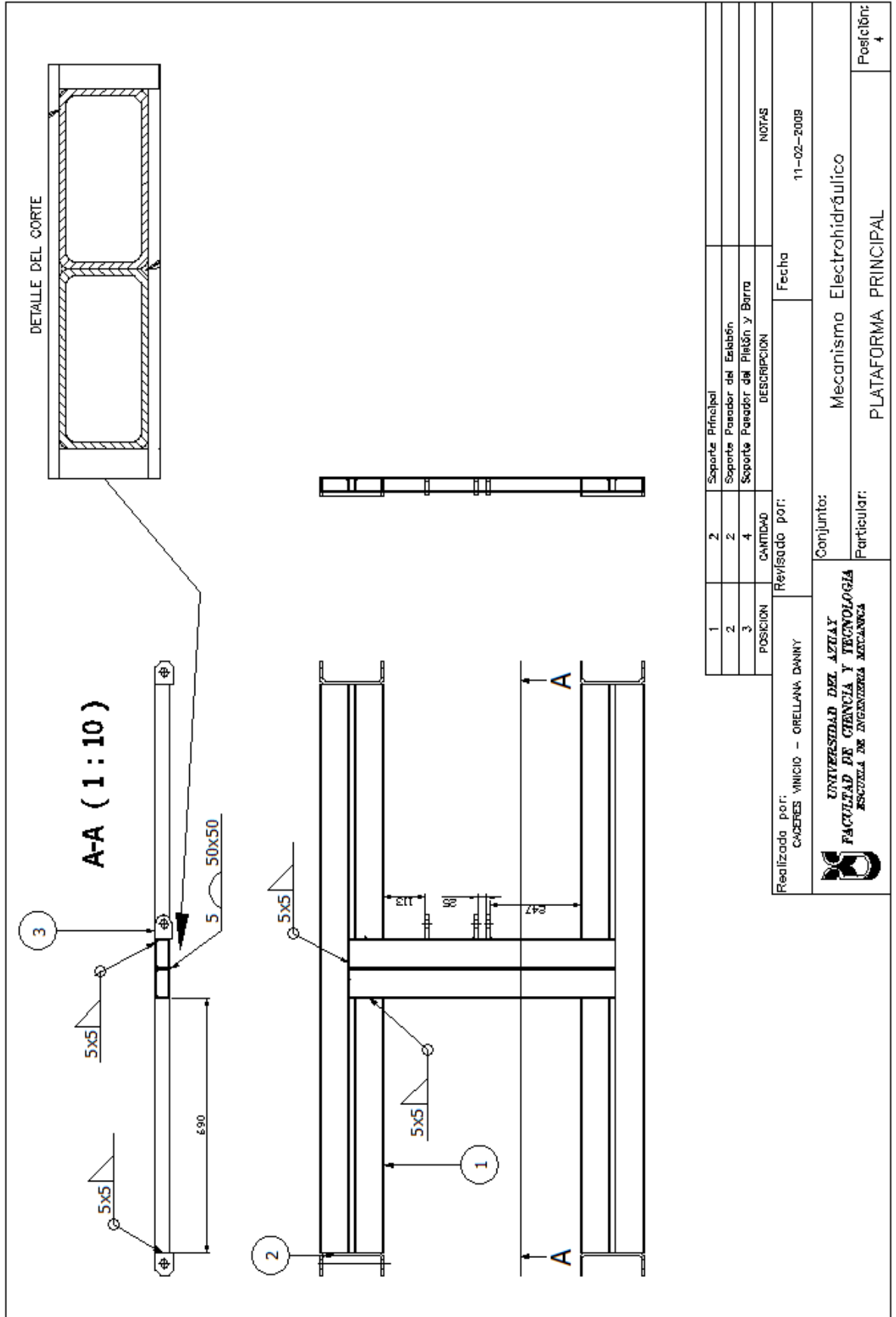


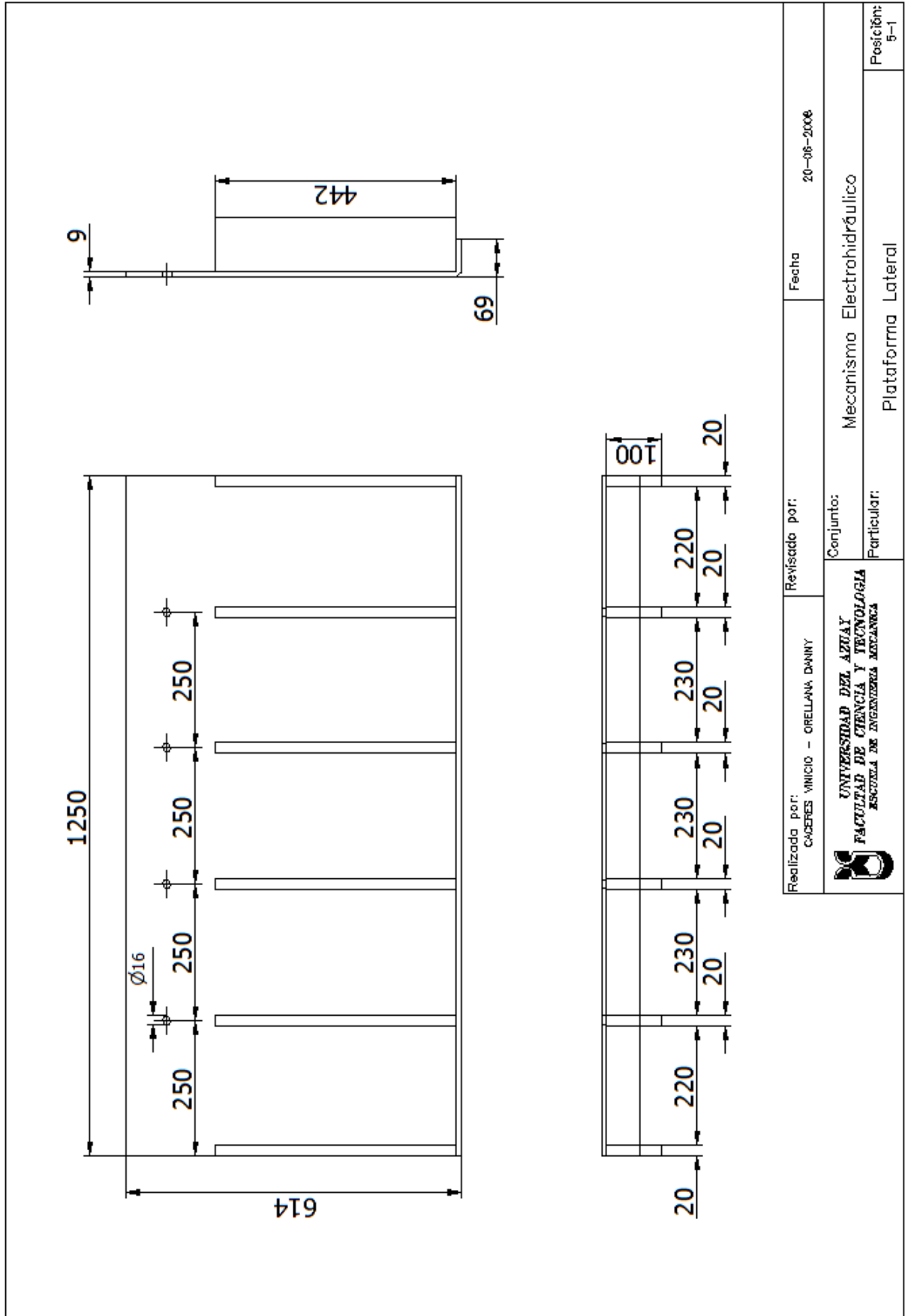
1	2	Buje Eslabón		
2	1	Eslabón Posterior		
POSICION		DESCRIPCION	NOTAS	
Realizada por:		Revisado por:	Fecha	
CÁCERES VINICIO - ORELLANA DANNY			20-08-2008	
 <b>UNIVERSIDAD DEL AZUAY</b> <b>FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>		Conjunto:		
		Mecanismo Electrohidráulico		
		Particular:		
		Eslabón Posterior		Posición: 3




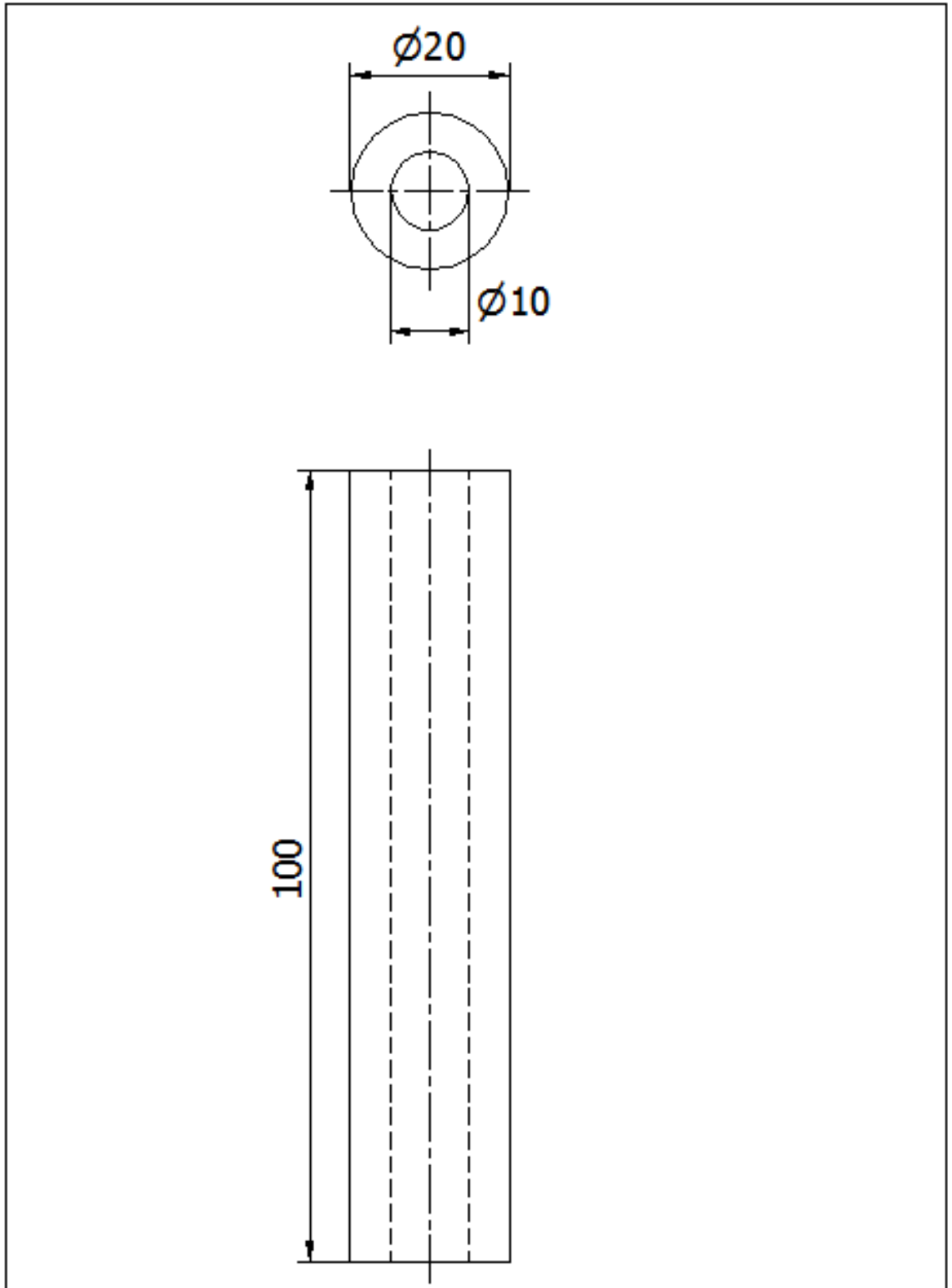
Realizada por: CACERES VINCIO - ORELLANA DANNY	Revisado por:	Fecha 20-08-2008
 UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA	Conjunto: Mecanismo Electrohidráulico	Parte/folio: +1
	Particular: Soporte Pasador del Pistón	




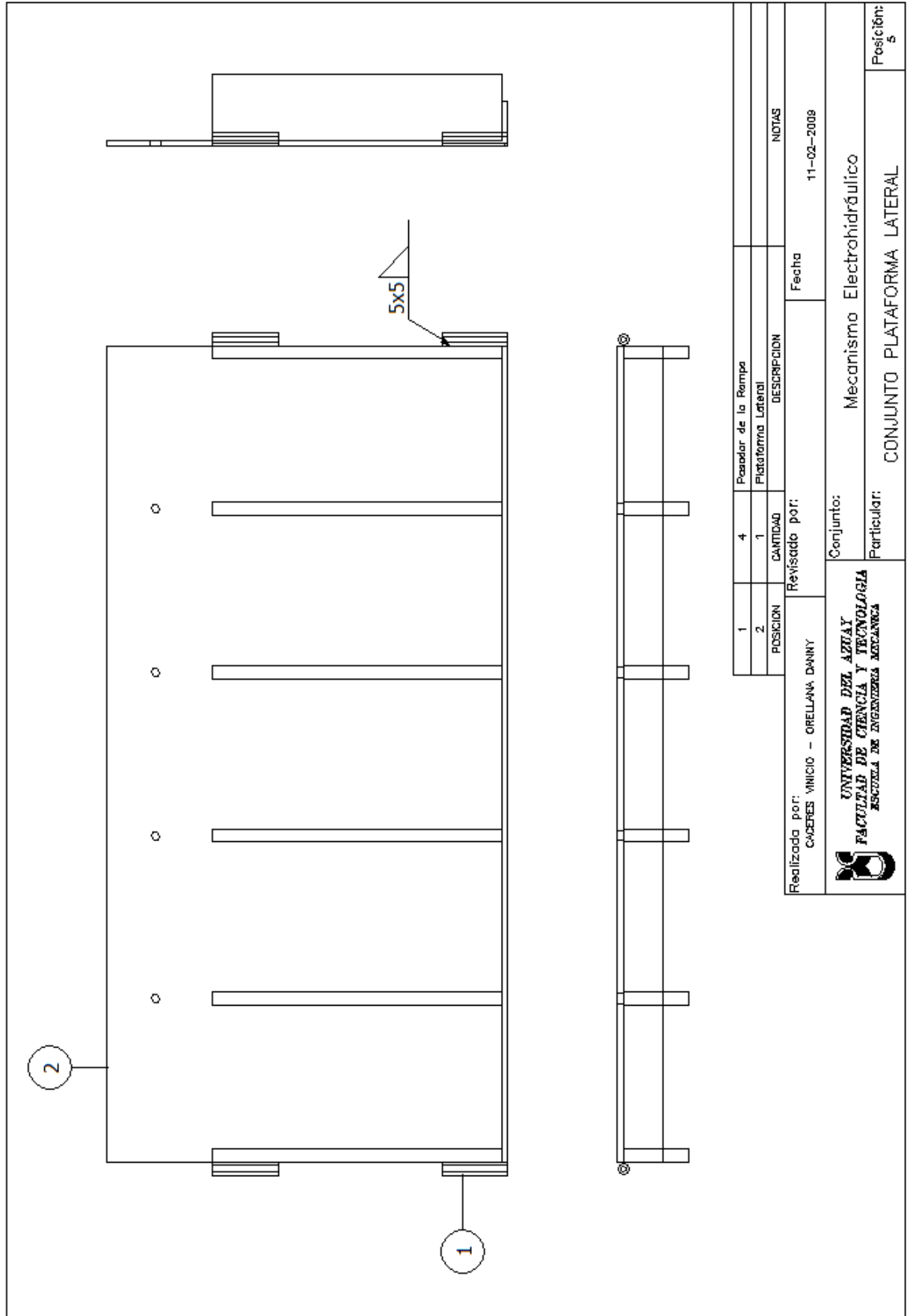


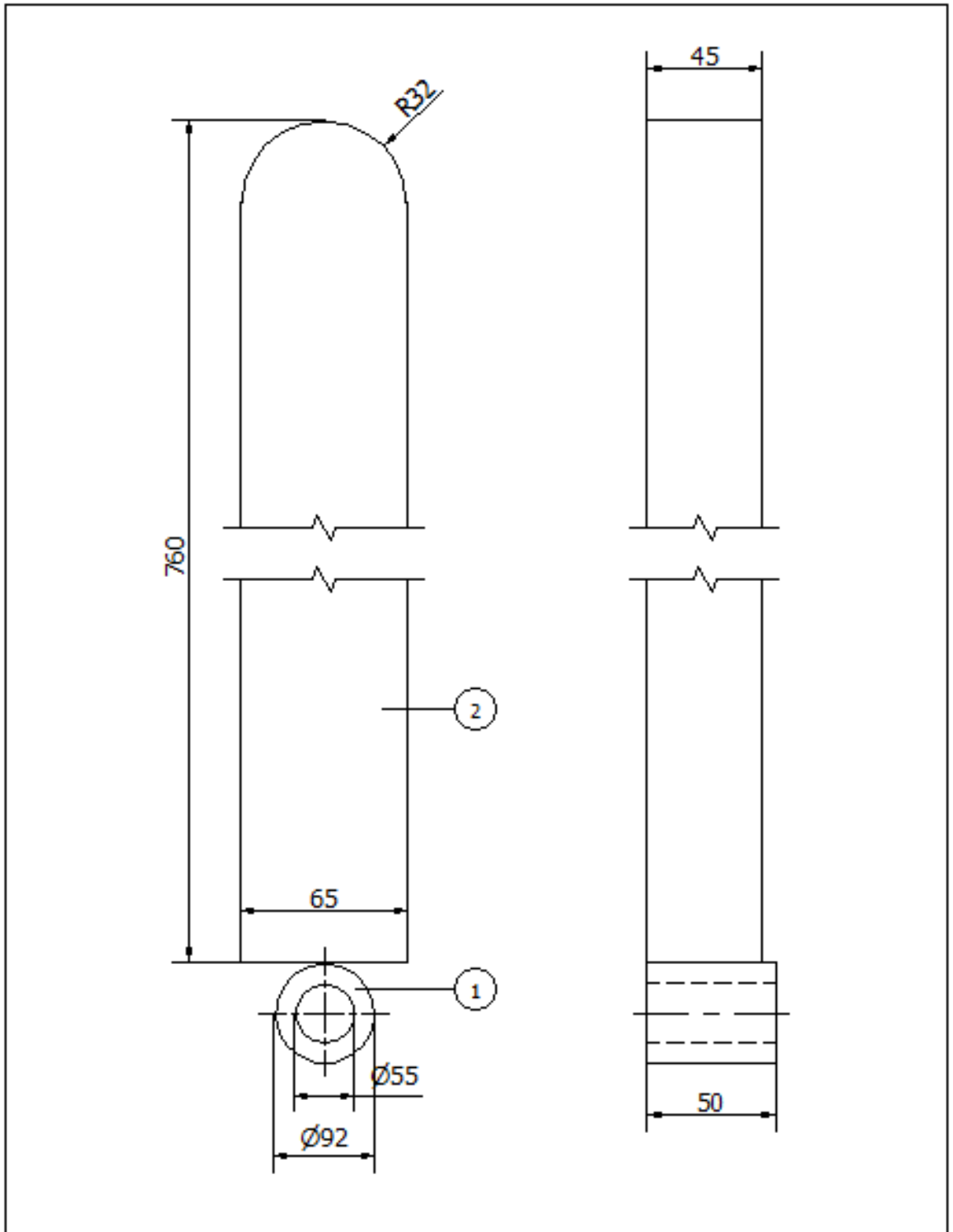


Realizado por: CÁCERES VINCICIO - ORELLANA DANNY	Revisado por:	Fecha 20-06-2008
 <b>UNIVERSIDAD DEL AZUAY</b> FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA	Conjunto: Mecanismo Electrohidráulico	Posición: 9-1
	Particular: Plataforma Lateral	



Realizada por: CÁCERES YNIGO – ORELLANA DANNY	Revisado por:	Fecha 11-02-2008
 UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA	Conjuntos: Mecanismo Electrohidráulico	
	Particular: Pasador de la Rampa	Perfilado: 5-2

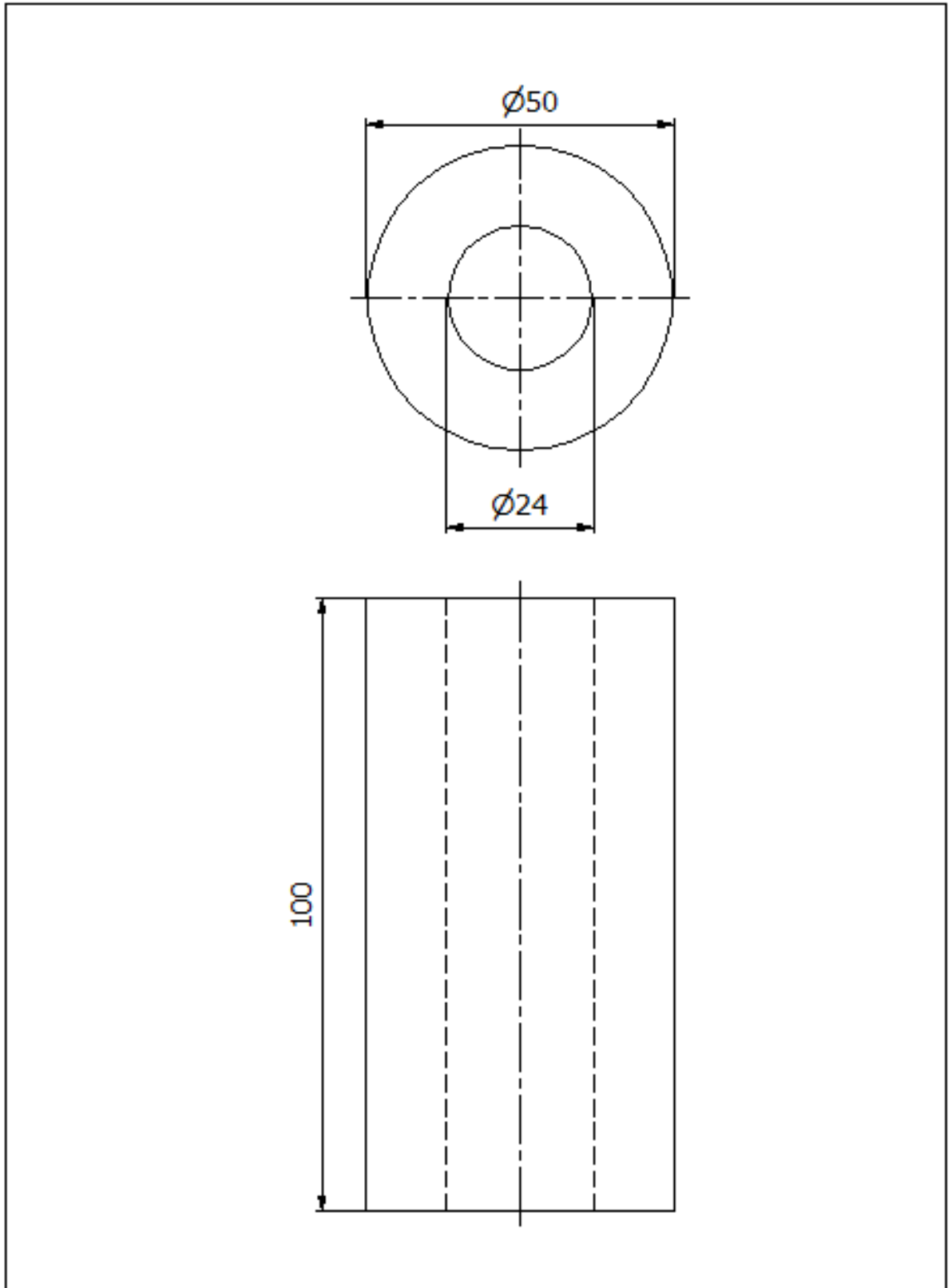




POSICION	CANTIDAD	DESCRIPCION	NOTAS
1	1	Buje de la Barra de seguridad	
2	1	Barra de seguridad	

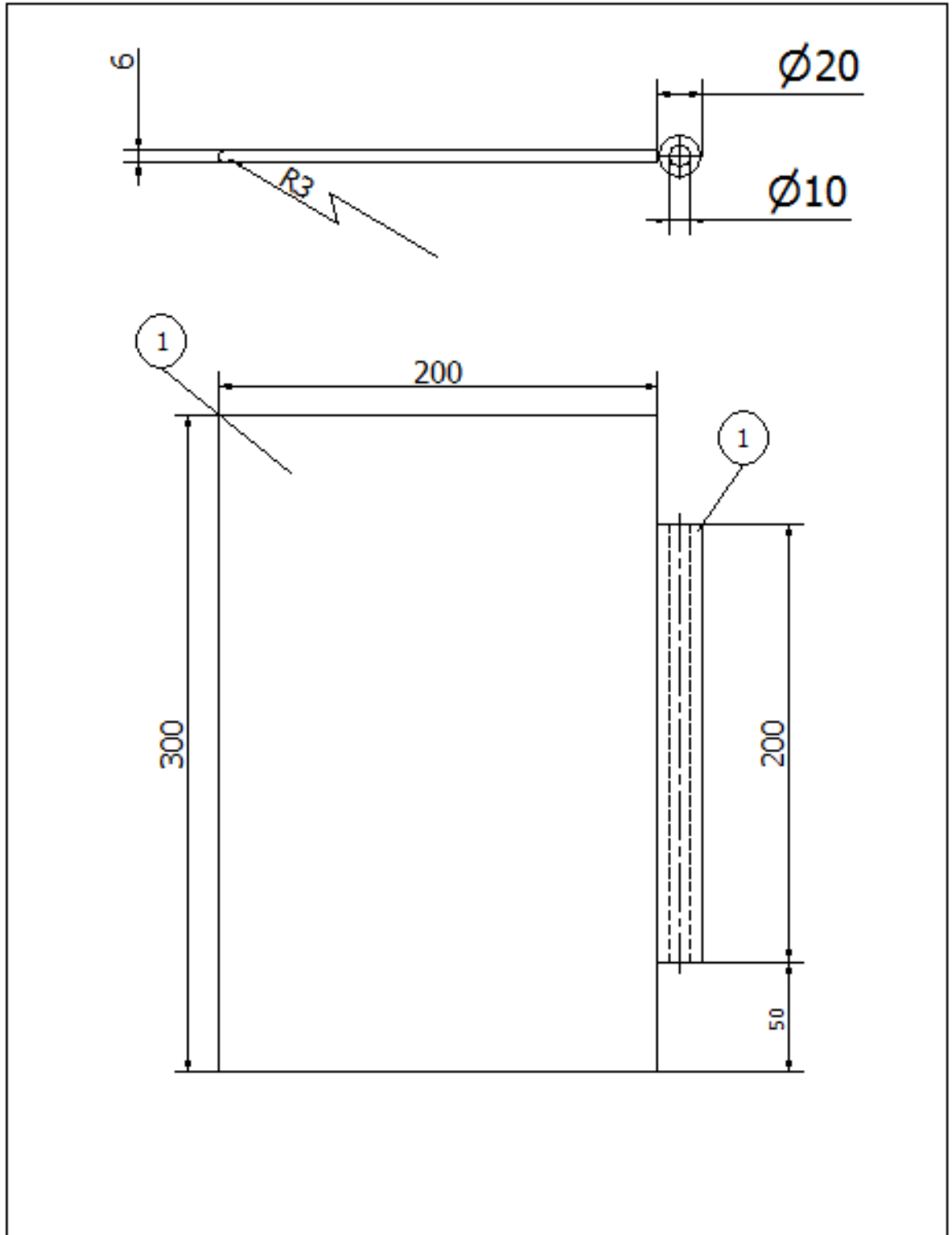
Realizada por: CACERES VINDO - ORELLANA DANNY      Revisado por:      Fecha: 17-11-2008

 <b>UNIVERSIDAD DEL AZUAY</b> FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA	Conjuntos:	Mecanismo Electrohidráulico	Particular: <b>BARRA-SEGURIDAD</b>	Perfil: 8
	Particular:			




Realizada por: CÁCERES VINDO - ORELLANA DANNY	Revisado por:	Fecha 11-02-2009
 <b>UNIVERSIDAD DEL AZUAY</b> FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS	Conjuntos: Mecanismo Electrohidráulico	Partes: SOPORTE - PASADOR - PISTON
	Particular:	



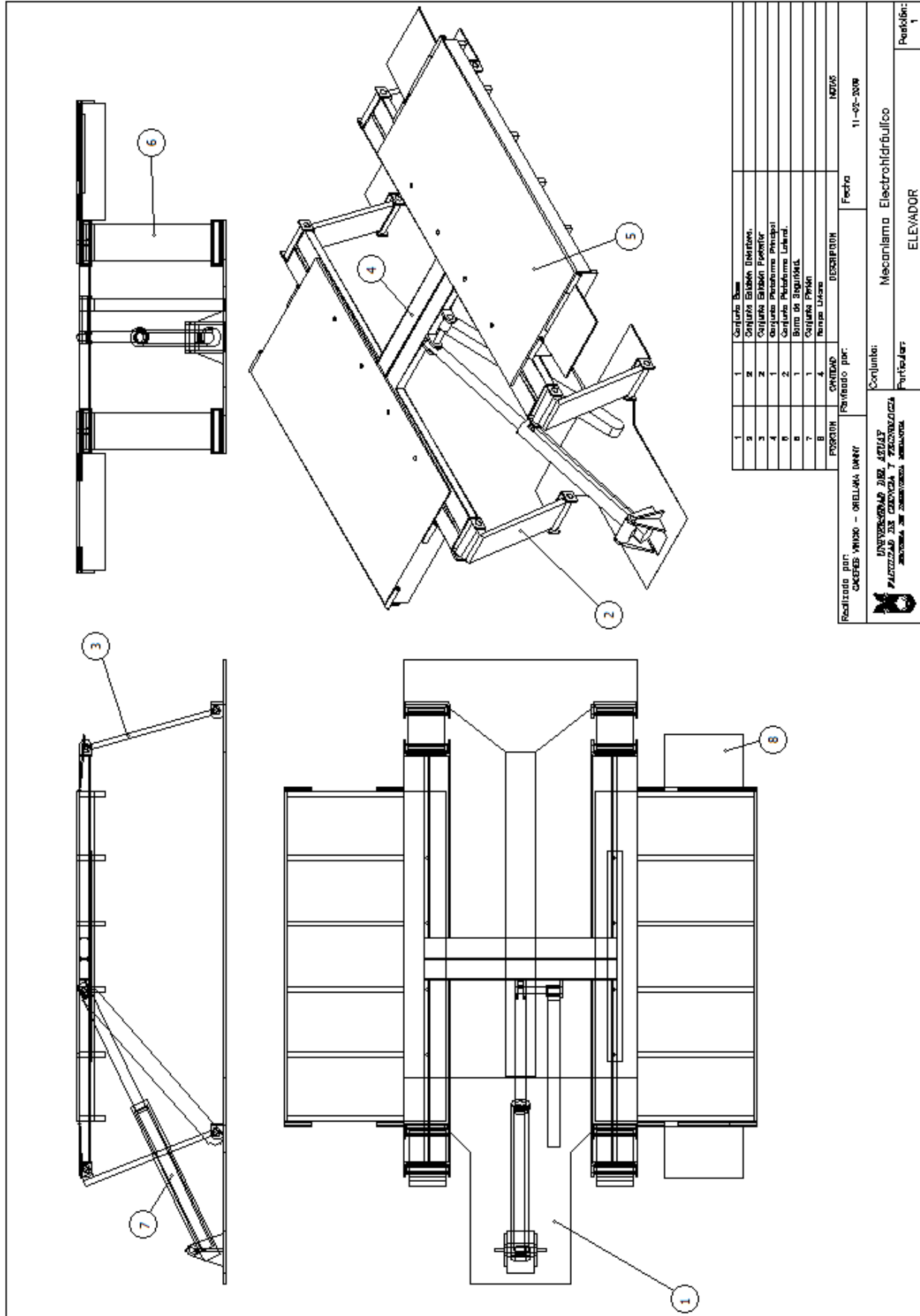


POSICION	CANTIDAD	DESCRIPCION	NOTAS
1	1	Rampa Liviana	
2	1	Buje de la Rampa	

Realizada por: **CACERES WINDO - ORELLANA DANNY**      Revisado por: \_\_\_\_\_      Fecha: **11-02-2008**

 <b>UNIVERSIDAD DEL AZUAY</b> <b>FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA</b> <small>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</small>	Conjuntos:	Mecanismo Electrohidraulico	
	Particular:	Conjunto Rampa Liviana	
		Plantilla:	0





ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	REVISADO POR:	FECHA	REVISADO POR:	FECHA
1	Carro de Equilibrio	1				
2	Carro de Equilibrio	2				
3	Carro de Equilibrio	2				
4	Carro de Equilibrio	1				
5	Carro de Equilibrio	2				
6	Carro de Equilibrio	1				
7	Carro de Equilibrio	1				
8	Carro de Equilibrio	1				

Realizado por: CÁCERES ORTUÑO - ORELLANA MURILLO

Fecha: 11-02-2018

UNIVERSIDAD DE ARTES Y OFICIOS  
 FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA  
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

Conjunto: Mecanismo Electrohidráulico

Particular: ELEVADOR

Hoja: 1


**Anexo II. Hojas de proceso**

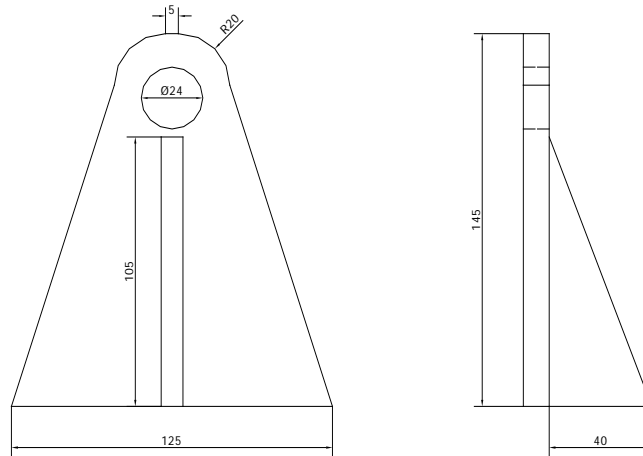
UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA			Fecha: Junio/08 Número: 001		Realizado por: CACERES VINICIO ORELLANA DANNY			
Mecanismo Electro Hidráulico			CICLO DE OPERACIONES					
POS	CAN	DENOMINACION	MATERIAL	DIMENSIONES	NOTAS		ESC	
1-1	1	Base 1	Plancha 6 mm	895 x 790				
FASE No	DENOMINACION	CROQUIS	VC	rpm	A	HERRAMIENTAS		TIEMP
						Trabajo	Control	
1	Corte de plancha a sobremedida					Suelda Autogena	Flexómetro Calibrador	1,25
2	Corte de agujero					Suelda Autogena	Calibrador	1,25
3	Mecanizado de la pieza hasta dejar de medidas dadas en dibujo		28	300		Fresadora Fresa Cilíndrica	Flexómetro Calibrador	1,5
							Tiempo Total de Proceso 4h	

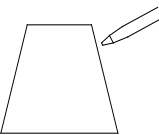
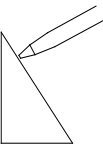
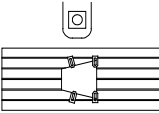
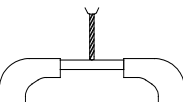
UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA				Fecha: junio/08 Número: 002		Realizado por: CACERES VINICIO ORELLANA DANNY		
Mecanismo Electro Hidráulico			CICLO DE OPERACIONES					
POS	CAN	DENOMINACION	MATERIAL	DIMENSIONES		NOTAS		ESC
1-2	1	Base 2	Plancha 10 mm	1245 x 117				
FASE No	DENOMINACION	CROQUIS	VC	rpm	A	HERRAMIENTAS		TIEMP
						Trabajo	Control	
1	Cortar plancha de 10mm con sobremedida para mecanizado posterior					Suelda Autogena	Flexómetro	0,75
2	Mecanizado hasta dejar de medidas establecidas en dibujo		28	300		Fresadora Fresa Cilíndrica	Flexómetro	0,75
3	Realizar chaflanes de 5 x 45° en los extremos		28	300		Fresadora Fresa Cilíndrica	Calibrador	0,5
							Tiempo Total de Proceso 2h	

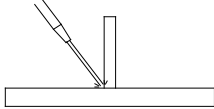
UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA				Fecha: junio/08 Número: 003		Realizado por: CACERES VINICIO ORELLANA DANNY		
Mecanismo Electro Hidráulico			CICLO DE OPERACIONES					
POS	CAN	DENOMINACION	MATERIAL	DIMENSIONES		NOTAS	ESC	
1-3	1	Base 3	Plancha 6mm	895 x 355				
FASE No	DENOMINACION	CROQUIS	VC	rpm	A	HERRAMIENTAS		TIEMP
						Trabajo	Control	
1	Cortar de forma con sobremedida para mecanizado posterior					Suelda Autógena	Flexómetro	1
2	Mecanizado hasta dejar de medidas establecidas en dibujo		24	300		Fresadora Fresa Cilindrica	Flexómetro	1,25
							Tiempo Total de Proceso 2h 15m	

UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA			Fecha: junio/08 Número: 004		Realizado por: CACERES VINICIO ORELLANA DANNY			
Mecanismo Electro Hidráulico		CICLO DE OPERACIONES						
POS	CAN	DENOMINACION	MATERIAL	DIMENSIONES	NOTAS	ESC		
1-4	8	Sporte-Pasador del Eslabón	Perfil C 175x60x6	Long: 50				
FASE No	DENOMINACION	CROQUIS	VC	rpm	A	HERRAMIENTAS		TIEMP
						Trabajo	Control	
1	Corte de Perfil de Longitud 50 mm					Entenalla Sierra de Arco	Flexómetro	0,25
2	Fresado de caras de R 12		28	300		Fresa Cilíndrica Entenalla	Calibrador	0,5
3	Taladrado de agujero de diámetro 24 mm		16	150		Entenalla Taladro Brocas	Calibrador	0,5
							Tiempo Total de proceso 1h 15m	

 UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA			Fecha: junio/08 Número: 005	Realizado por: CACERES VINICIO ORELLANA DANNY		
Mecanismo Electro Hidráulico		CICLO DE OPERACIONES				
POS	CAN	DENOMINACION	MATERIAL	DIMENSIONES	NOTAS	ESC
1-5	2	Soporte-Eje del Pistón	Plancha 8 mm	147 x 127		



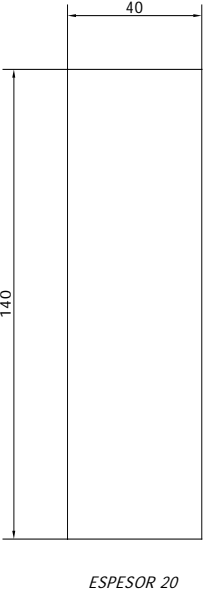
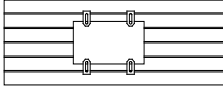
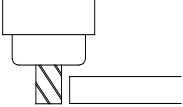
FASE No	DENOMINACION	CROQUIS	VC	rpm	A	HERRAMIENTAS		TIEMP
						Trabajo	Control	
1	Cortar plancha en forma de trapecio para parte principal					Soldadora Autógena	Flexómetro	0,75
2	Cortar plancha en forma de triangulo para parte central					Soldadora Autógena	Flexómetro	0,5
3	Desbastar en fresadora hasta dejar de las medidas y forma correspondientes a las partes		24	650		Fresadora Fresa Cilindrica	Flexómetro	1,5
4	Realizar agujero en parte central		14	240		Entenalla Brocas	Calibrador	0,25

UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA		Fecha: junio/08 Número: 005			Realizado por: CACERES VINICIO ORELLANA DANNY			
Mecanismo Electro Hidráulico		CICLO DE OPERACIONES						
FASE No	DENOMINACION	CROQUIS	VC	rpm	A	HERRAMIENTAS		TIEMP
						Trabajo	Control	
5	Soldar parte central a parte principal de acuerdo a medidas de dibujo					Soldadora	Flexómetro	0,5
6	Limpiar escoria					Cepillo de Acero Lima Martillo		0,25
							Tiempo Total de Proceso 3h 45m	

UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA				Fecha: junio/08 Número: 006		Realizado por: CACERES VINICIO ORELLANA DANNY		
Mecanismo Electro Hidráulico			CICLO DE OPERACIONES					
POS	CAN	DENOMINACION	MATERIAL	DIMENSIONES		NOTAS	ESC	
1	1	Conjunto Base	Subconjunto					
FASE No	DENOMINACION	CROQUIS	VC	rpm	A	HERRAMIENTAS		TIEMP
						Trabajo	Control	
1	Soldado de soporte pasador de Eslabones en las bases 1 y 3					Soldadora Eléctrica		0,75
2	Soldado de base2 a bases 1 y 3					Soldadora Eléctrica		0,5
							Tiempo Total de Proceso 1,15h	

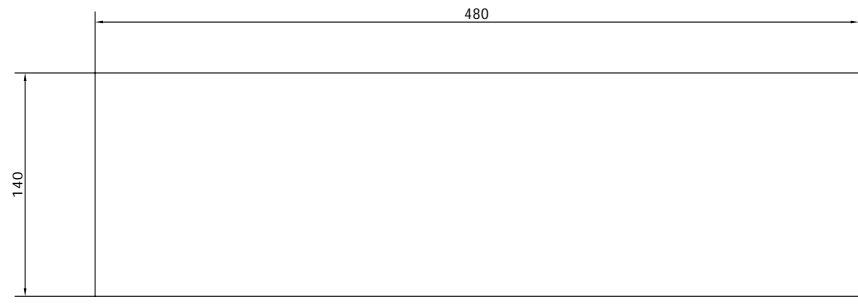
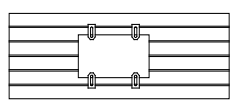
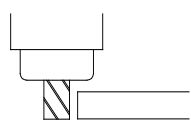


UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA				Fecha: junio/08		Realizado por: CACERES VINICIO ORELLANA		
Mecanismo Electro Hidráulico		CICLO DE OPERACIONES				Número: 007		
POS	CAN	DENOMINACION	MATERIAL	DIMENSIONES		NOTAS	ESC	
2-1	8	Buje-Eslabon	Varilla Redon 40 mm	Long: 162				
FASE No	DENOMINACION	CROQUIS	VC	rpm	A	HERRAMIENTAS		TIEMP
						Trabajo	Control	
1	Cortar varilla de longitud de 162 mm					Entenalla Sierra de Arco	Flexómetro	0,25
2	Refrentar caras hasta dejar de longitud 160 mm		28	750		Torno Cuchilla Refrentar	Calibrador	0,5
3	Realizar agujero de D 20 mm		16	450		Torno Broca 10 mm	Calibrador	0,5
							Tiempo Total de Proceso 1h 15m	

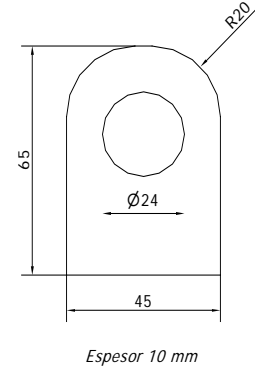
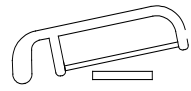
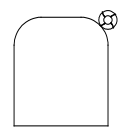
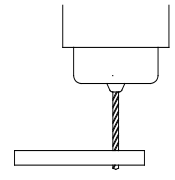
UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA				Fecha: junio/08	Realizado por: CACERES VINICIO ORELLANA DANNY			
Mecanismo Electro Hidráulico		CICLO DE OPERACIONES			Número: 009			
POS	CAN	DENOMINACION	MATERIAL	DIMENSIONES	NOTAS	ESC		
2-3	2	Soporte-Bujedel Eslabon Delantero	Platina 140 x 20	Long: 42				
 <p>ESPEJOR 20</p>								
FASE No	DENOMINACION	CROQUIS	VC	rpm	A	HERRAMIENTAS		TIEMP
						Trabajo	Control	
1	Sujecion en fresadora mediante bridas					Llave de boca corona		0,25
2	Fresado de caras hasta dejar platina de largo 40 mm		24	300		Fresa Cilindrica	Flexómetro	1
							Tiempo Total de Proceso 1h 15m	

UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA				Fecha: junio/08 Número: 008		Realizado por: CACERES VINICIO ORELLANA DANNY		
Mecanismo Electro Hidráulico			CICLO DE OPERACIONES					
POS	CAN	DENOMINACION	MATERIAL	DIMENSIONES		NOTAS	ESC	
2-2	2	Eslabon Delantero	Platina 140 x 20	Long: 522				
FASE No	DENOMINACION	CROQUIS	VC	rpm	A	HERRAMIENTAS		TIEMP
						Trabajo	Control	
1	Sujecion en fresadora mediante bridas					Llave de boca corona		0,25
2	Fresado de caras hasta dejar platina de largo 520 mm		24	300		Fresa Cilindrica	Flexómetro	1
							Tiempo Total de Proceso 1h 15m	

UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA				Fecha: junio/08 Número: 010		Realizado por: CACERES VINICIO ORELLANA DANNY		
Mecanismo Electro Hidráulico		CICLO DE OPERACIONES						
POS	CAN	DENOMINACION	MATERIAL	DIMENSIONES	NOTAS	ESC		
2	2	Conjunto Eslabon Delantero	Subconjunto					
FASE No	DENOMINACION	CROQUIS	VC	rpm	A	HERRAMIENTAS		TIEMP
						Trabajo	Control	
1	Soldar Soporte-Buje a Soporte-Principal según especificaciones en dibujo					Soldadora	Flexómetro	0,25
2	Soldar Bujes al cuerpo principal según especificaciones					Soldadora	Flexómetro	1
							Tiempo Total de Proceso 1h 15m	

UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA				Fecha: junio/08	Realizado por: CACERES VINICIO ORELLANA DANNY			
Mecanismo Electro Hidráulico		CICLO DE OPERACIONES			Número: 011			
POS	CAN	DENOMINACION	MATERIAL	DIMENSIONES	NOTAS	ESC		
3-1	2	Eslabon Posterior	Platina 140 x 20	Long: 482				
 <p>480</p> <p>140</p> <p>ESPESOR 20</p>								
FASE No	DENOMINACION	CROQUIS	VC	rpm	A	HERRAMIENTAS		TIEMP
						Trabajo	Control	
1	Sujecion en fresadora mediante bridas					Llave de boca corona		0,25
2	Fresado de caras hasta dejar platina de largo 480 mm		24	300		Fresa Cilíndrica	Flexómetro	1
							Tiempo Total de Proceso 1h 15m	

UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA				Fecha: junio/08 Número: 012		Realizado por: CACERES VINICIO ORELLANA DANNY		
Mecanismo Electro Hidráulico			CICLO DE OPERACIONES					
POS	CAN	DENOMINACION	MATERIAL	DIMENSIONES	NOTAS	ESC		
3	2	Conjunto Eslabon Posterior	Subconjunto					
FASE No	DENOMINACION	CROQUIS	VC	rpm	A	HERRAMIENTAS		TIEMP
						Trabajo	Control	
1	Soldar Bujes al cuerpo principal según especificaciones					Soldadora	Flexómetro	1
							Tiempo Total de Proceso 1h	

UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA			Fecha: junio/08 Número: 013		Realizado por: CACERES VINICIO ORELLANA DANNY			
Mecanismo Electro Hidráulico			CICLO DE OPERACIONES					
POS	CAN	DENOMINACION	MATERIAL	DIMENSIONES	NOTAS	ESC		
4-1	3	Sporte-Pasador del Pistón y Barra	Platina de 45 x 10	Longitud 65				
 <p>65</p> <p>R20</p> <p>Ø24</p> <p>45</p> <p>Espesor 10 mm</p>								
FASE No	DENOMINACION	CROQUIS	VC	rpm	A	HERRAMIENTAS		TIEMP
						Trabajo	Control	
1	Corte de Platina de 65 mm de longitud					Entenalla Sierra de Arco	Flexometro	0,25
2	Fresado de caras de R 20		28	300		Fresa Cilíndrica Entenalla	Calibrador	0,5
3	Taladrado de agujero de diámetro 24 mm		16	150		Entenalla Taladro Brocas	Calibrador	0,5
							Tiempo Total de proceso 1h 15m	

UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA		Fecha: Junio/08	Realizado por: CACERES VINICIO ORELLANA DANNY					
Mecanismo Electro Hidráulico		CICLO DE OPERACIONES						
POS	CAN	DENOMINACION	MATERIAL	DIMENSIONES	NOTAS	ESC		
4	1	Conjunto-Plataforma-Principal	Subconjunto					
FASE No	DENOMINACION	CROQUIS	VC	rpm	A	HERRAMIENTAS		TIEMP
						Trabajo	Control	
1	Soldar soportes de eje a tubos centrales de acuerdo a medidas del dibujo					Soldadora	Flexómetro	1
2	Soldar tubos centrales a tubos de extremos					Soldadora	Flexómetro	0,5
3	Soldar tubos internos y soportes del pasador a la estructura armada en la fase anterior					Soldadora	Flexómetro	1
							Tiempo Total de Proceso 2h 30m	



UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA			Fecha: junio/08	Realizado por: CACERES VINICIO ORELLANA DANNY				
Mecanismo Electro Hidráulico		CICLO DE OPERACIONES			Número: 015			
POS	CAN	DENOMINACION	MATERIAL	DIMENSIONES	NOTAS	ESC		
5-1	2	Plataforma-Lateral	Plancha de 9 mm					
FASE No	DENOMINACION	CROQUIS	VC	rpm	A	HERRAMIENTAS		TIEMP
						Trabajo	Control	
1	Cortar plancha de medida 1252 mm x 616 mm					Suelda Autògena	Flexòmetro	1
2	Cortar 6 tramos de medida 444 mm x 102 mm					Suelda Autògena	Flexòmetro	1,5
3	Cortar 1 tramos de medida 1252 mm x 62 mm					Suelda Autògena	Flexòmetro	0,5
4	Realizar agujeros en plancha principal de acuerdo a medidas en dibujo					Taladro Brocas	Flexòmetro Calibrador	0,75
5	Soldar tramos a parte principal de acuerdo a medidas de dibujo					Suelda Electrica	Flexòmetro	1,5
Tiempo Total de Proceso 5h 15m								

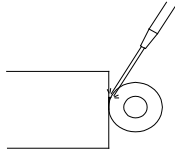
UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA		Fecha: junio/08	Realizado por: CACERES VINICIO ORELLANA DANNY					
Mecanismo Electro Hidráulico		CICLO DE OPERACIONES						
POS	CAN	DENOMINACION	MATERIAL	DIMENSIONES	NOTAS	ESC		
5-2	8	Pasador-Rampa	Varilla Redon 20 mm	Long: 102				
FASE No	DENOMINACION	CROQUIS	VC	rpm	A	HERRAMIENTAS		TIEMP
						Trabajo	Control	
1	Cortar Varilla de Longitud 102 mm					Entenalla Sierra de Arco	Flexómetro	0,25
2	Refrentar caras hasta dejar de longitud 100 mm		28	750		Torno Cuchilla Refrentar	Calibrador	0,5
3	Realizar agujero de D 10 mm		16	450		Torno Broca 10 mm	Calibrador	0,5
							Tiempo Total de Proceso 1h 15m	

UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA				Fecha: junio/08		Realizado por: CACERES VINICIO ORELLANA DANNY		
Mecanismo Electro Hidráulico		CICLO DE OPERACIONES		Número: 017				
POS	CAN	DENOMINACION	MATERIAL	DIMENSIONES		NOTAS	ESC	
5	2	Conjunto Plataforma Lateral	Subconjunto					
FASE No	DENOMINACION	CROQUIS	VC	rpm	A	HERRAMIENTAS		TIEMP
						Trabajo	Control	
1	Soldar pasadores-rampa a plataforma lateral de acuerdo a medidas en dibujo					Suelda Electrica	Flexómetro	1,25
							Tiempo Total de Proceso 1h 15m	

UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA			Fecha: junio/08	Realizado por: CACERES VINICIO ORELLANA DANNY		
Mecanismo Electro Hidráulico		CICLO DE OPERACIONES			Número: 018	
POS	CAN	DENOMINACION	MATERIAL	DIMENSIONES	NOTAS	ESC
6	1	Barra-Seguridad		760x45		

FASE No	DENOMINACION	CROQUIS	VC	rpm	A	HERRAMIENTAS		TIEMP
						Trabajo	Control	
1	Cortar varilla de 65 x 45 de longitud 762 mm					Entenalla Sierra de Arco	Flexómetro	0,25
2	Cortar varilla redonda de D 40 de longitud 50 mm					Entenalla Sierra de Arco	Flexómetro	0,25
3	Fresado de caras hasta dejar varilla de largo 760 mm y de la forma en el dibujo		45	750		Fresa Cilindrica	Flexómetro	1
4	Refrentado de varilla redonda hasta dejar de longitud 50 mm		45	800		Torno	Calibrador	0,5
5	Realizar agujero de D 24 mm en varilla redonda		12	150		Torno Brocas	Calibrador	0,5

UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA				Fecha: junio/08 Número: 018		Realizado por: CACERES VINICIO ORELLANA DANNY		
Mecanismo Electro Hidráulico		CICLO DE OPERACIONES						
FASE No	DENOMINACION	CROQUIS	VC	rpm	A	HERRAMIENTAS		TIEMP
						Trabajo	Control	
6	Soldar varilla redonda a platina de acuerdo a medidas en dibujo					Suelda Electrica	Flexometro	0,5
							Tiempo Total de Proceso 3h	

UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA				Fecha: junio/08 Número: 019		Realizado por: CACERES VINICIO ORELLANA DANNY		
Mecanismo Electro Hidráulico			CICLO DE OPERACIONES					
POS	CAN	DENOMINACION	MATERIAL	DIMENSIONES		NOTAS	ESC	
7-1	1	Soporte-Pasador-Pistón	Varilla D 50 mm	Long: 102				
FASE No	DENOMINACION	CROQUIS	VC	rpm	A	HERRAMIENTAS		TIEMP
						Trabajo	Control	
1	Cortar varilla de longitud 102 mm					Sierra	Flexómetro	0,5
2	Refrentado de caras hasta dejar longitud de 100 mm		28	750		Torno Cuchilla Refrentar	Calibrador	0,25
3	Realizar agujero de D 24 mm		14	450		Torno Brocas	Calibrador	0,25
							Tiempo Total de Proceso 1h	

UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA			Fecha: junio/08 Número: 020		Realizado por: CACERES VINICIO ORELLANA DANNY			
Mecanismo Electro Hidráulico			CICLO DE OPERACIONES					
POS	CAN	DENOMINACION	MATERIAL	DIMENSIONES		NOTAS	ESC	
7	1	Conjunto-Pistón	Subconjunto					
FASE No	DENOMINACION	CROQUIS	VC	rpm	A	HERRAMIENTAS		TIEMP
						Trabajo	Control	
1	Desbastar extremo de pistón		28	650		Fresadora Fresa Cilindrica	Calibrador	0,25
2	Soldar soporte a piston de acuerdo a medidas de dibujo					Suelda Electrica	Calibrador	0,5
							Tiempo Total de Proceso	45 m

UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA				Fecha: Junio/08 Número: 021		Realizado por: CACERES VINICIO ORELLANA DANNY		
Mecanismo Electro Hidráulico			CICLO DE OPERACIONES					
POS	CAN	DENOMINACION	MATERIAL	DIMENSIONES		NOTAS		ESC
8-1	4	Soporte Móvi	Plancha de 6 mm	302 x 202				
FASE No	DENOMINACION	CROQUIS	VC	rpm	A	HERRAMIENTAS		TIEMP
						Trabajo	Control	
1	Sujecion en fresadora mediante bridas					Llave de boca corona		0,25
2	Fresado de caras hasta dejar plancha de dimensiones 300mm x 200 mm		24	300		Fresa Cilíndrica	Flexómetro	1
							Tiempo Total de Proceso 1 h 15 m	



UNIVERSIDAD DEL AZUAY		FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA		ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA		Fecha:	Realizado por:	
						Junio/08	CACERES VINICIO	
Mecanismo Electro Hidráulico		CICLO DE OPERACIONES				Número:	ORELLANA DANNY	
POS	CAN	DENOMINACION	MATERIAL	DIMENSIONES		NOTAS		ESC
8-2	4	Pasador-Rampa-Móvil	Varilla Redon 20 mm	Long: 202				
FASE No	DENOMINACION	CROQUIS	VC	rpm	A	HERRAMIENTAS		TIEMP
						Trabajo	Control	
1	Cortar Varilla de Longitud 202 mm					Entenalla Sierra de Arco	Flexómetro	0,25
2	Refrentar caras hasta dejar de longitud 200 mm		28	750		Torno Cuchilla Refrentar	Calibrador	0,5
3	Realizar agujero de D 10 mm		16	450		Torno Broca 10 mm	Calibrador	0,5
							Tiempo Total de Proceso 1h 15m	

UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA			Fecha: junio/08 Número: 023		Realizado por: CACERES VINICIO ORELLANA DANNY			
Mecanismo Electro Hidráulico		CICLO DE OPERACIONES						
POS	CAN	DENOMINACION	MATERIAL	DIMENSIONES	NOTAS	ESC		
8	4	Conjunto-Rampa-Liviana	Subconjunto					
FASE No	DENOMINACION	CROQUIS	VC	rpm	A	HERRAMIENTAS		TIEMP
						Trabajo	Control	
1	Soldar pasador a rampa movil de acuerdo a medidas de dibujo					Soldadora	Flexómetro	0,25
2	Limpiar escoria					Cepillo Acero Martillo		0,25
							Tiempo Total de Proceso 30 m	

Anexo III. Tabla de materiales



2. TUBOS ESTRUCTURALES



2.3 TUBOS CUADRADOS

DESIGNACION	DIMENSIONES		PESO P Kg/m	PROPIEDADES			
	B	e		AREA	EJES X-X e Y-Y		
				A	I	W	i
Pulg.	mm	mm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	
3/4	20	2	1,05	1,34	0,69	0,69	0,72
1	25	2	1,36	1,74	1,48	1,18	0,92
1 1/4	30	2	1,68	2,14	2,71	1,81	1,12
1 1/2	40	2	2,31	2,94	6,92	3,46	1,53
		3	3,30	4,21	9,28	4,64	1,48
2	50	2	2,93	3,74	14,13	5,65	1,94
		3	4,25	5,41	19,40	7,76	1,89
2 3/8	60	2	3,74	4,54	25,12	8,37	2,35
		3	5,55	6,61	35,06	11,69	2,30

2.4 TUBOS RECTANGULARES

DIMENSIONES			PESO P Kg/m	PROPIEDADES						
B	H	e		AREA	EJES X-X			EJES Y-Y		
				A	I	W	i	I	W	i
mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	
20	40	2	1,68	2,14	4,04	2,02	1,37	1,33	1,33	0,79
25	50	2	2,23	2,74	8,37	3,35	1,75	2,80	2,24	1,01
30	50	2	2,31	2,94	9,52	3,81	1,80	4,28	2,85	1,21
		3	3,30	4,21	12,78	5,11	1,74	5,66	3,77	1,16
40	60	2	2,93	3,74	18,39	6,13	2,22	9,81	4,90	1,62
		3	4,25	5,41	25,31	8,44	2,16	13,37	6,69	1,57
30	70	2	2,93	3,74	22,20	6,34	2,44	5,85	3,90	1,25
		3	4,25	5,41	30,50	8,71	2,37	7,84	5,23	1,20
40	80	2	3,56	4,54	37,32	9,33	2,87	12,70	6,35	1,67
		3	5,19	6,61	52,16	13,04	2,81	17,49	8,75	1,63

NOMENCLATURA

- A = Area de la sección transversal del tubo, cm<sup>2</sup>
- I = Momento de Inercia de la sección, cm<sup>4</sup>
- W = Módulo resistente de la sección, cm<sup>3</sup>
- i = Radio de giro de la sección, cm

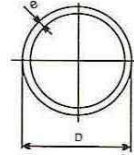




## 2. TUBOS ESTRUCTURALES

### ESPECIFICACIONES GENERALES:

- \* LARGO NORMAL : 6 mts. Otros largos previa consulta
- \* RECUBRIMIENTO : Negro o galvanizado
- \* TERMINACION : Extremos de máquina
- \* OTRAS DIMENSIONES Y ESPESORES : A pedido, previa consulta
- \* CALIDADES NORMALES : JIS G 3132, SPHT2, SPHT1
- \* NORMA DE FABRICACION : ASTM A-500, JIS G 3444, Norma Interna.



### 2.1 TUBOS REDONDOS

DESIGNACION		ESPELOR	PESO	PROPIEDADES			
DIAMETRO EXTERIOR (D)		e	P	A	I	W	i
Pulg.	mm	mm	Kg/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm
3/4	19,05	2,0	0,84	1,07	0,39	0,41	0,61
7/8	22,22	2,0	1,0	1,27	0,66	0,59	0,72
1	25,40	2,0	1,15	1,47	1,01	0,80	0,83
1 1/4	31,75	2,0	1,47	1,87	2,08	1,31	1,05
1 1/2	38,10	2,0	1,78	2,27	3,71	1,95	1,28
1 3/4	44,45	2,0	2,09	2,67	6,02	2,71	1,50
1 7/8	47,63	2,0	2,25	2,87	7,48	3,14	1,61
2	50,80	2,0	2,41	3,07	9,14	3,60	1,73
		3,0	3,54	4,51	12,92	5,09	1,69
2 3/8	60,33	2,0	2,88	3,66	15,66	5,17	2,06
		3,0	4,24	5,40	22,26	7,38	2,03
2 1/2	63,50	2,0	3,03	3,86	18,29	5,76	2,18
		3,0	4,48	5,70	26,15	8,24	2,14
3	76,20	2,0	3,66	4,66	32,11	8,43	2,62
		3,0	5,42	6,90	46,28	12,24	2,39

### 2.2 TUBOS PARA POSTES

DESIGNACION		ESPELOR	PESO	PROPIEDADES			
DIAMETRO NOMINAL	DIAMETRO EXT. (D)	e	P	A	I	W	i
Pulg.	mm	mm	Kg/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm
1 1/4	42,2	2,0	1,79	2,53	5,17	2,42	1,43
1 1/2	48,1	2,0	2,06	2,90	7,71	3,21	1,63
2	60,3	2,0	2,60	3,66	15,58	5,17	2,06
2 1/2	75,6	2,0	3,71	4,62	31,34	8,29	2,60



## 8. PLANCHAS Y FLEJES DE ACERO

- LAMINADO EN FRIO : Calidad SAE 1010
- LAMINADO EN CALIENTE : Calidades SAE 1010 y A37-24 ES, A-36
- GALVANIZADO : Calidad ASTM A-528
- ALUMINIZADO : Calidad ZINC-ALUMN 43-55

TABLA DE PESOS APROXIMADOS			
ESPESOR	PLANCHAS (Kg)		FLEJES
	1.22 X 2.44 mts	1.00 X 2.00 mts	Kg/m <sup>2</sup>
0.40	9,35	6,28	3,14
0.45	10,52	7,07	3,53
0.50	11,68	7,85	3,93
0.55	12,85	8,64	4,32
0.60	14,02	9,42	4,71
0.70	16,36	10,99	5,50
0.75	17,53	11,78	5,89
0.80	18,69	12,56	6,28
0.90	21,03	14,13	7,07
1.00	23,37	15,70	7,85
1.10	25,70	17,27	8,64
1.20	28,04	18,84	9,42
1.40	32,72	21,98	10,39
1.50	35,05	23,55	11,78
1.60	37,39	25,12	12,56
1.80	42,06	28,26	14,13
1.90	44,40	29,83	14,92
2.00	46,74	31,40	15,70
2.20	51,41	34,54	17,27
2.50	58,42	39,25	19,63
2.65	61,92	41,61	20,80
2.80	65,43	43,96	21,98
3.00	70,10	47,10	23,55
3.20	74,78	50,24	25,12
3.50	81,79	54,95	27,48
4.00	93,47	62,80	31,40
4.50	105,16	70,65	35,33
5.00	116,84	78,50	39,25
6.00	140,21	94,20	47,10
8.00	186,94	125,60	---
10.00	233,68	157,00	---

Las dimensiones de las planchas y flejes pueden ser modificadas, previa consulta a fábrica.  
 Ancho Mínimo: 40 mm.  
 Ancho Máximo: 1220 m.m.

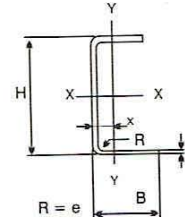


## 6. PERFILES ESTRUCTURALES

### 6.1 CANALES

SPECIFICACIONES GENERALES:

- LARGO NORMAL : 6 mts. Otros largos previa consulta
- TERMINACION : Negro o galvanizado
- CALIDADES NORMALES : A-36, ASTM-570, JIS G 3101  
otras calidades a pedido
- OTRAS DIMENSIONES : A pedido previa consulta.



DIMENSIONES			PESO P	PROPIEDADES										
H	B	e		AREA A	EJES X-X				EJES Y-Y				FLEXION	
			I		W	i	I	W	i	x	ia	it		
mm	mm	mm	Kg/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm	cm	cm	cm
50	25	2	1,47	1,87	7,06	2,83	1,94	1,13	0,63	0,78	0,72	1,00	--	
		3	2,12	2,70	9,70	3,88	1,89	1,57	0,91	0,76	0,77	1,01	--	
60	30	2	1,78	2,27	12,80	4,30	2,37	2,04	0,93	0,88	0,82	1,19	--	
		3	2,60	3,31	18,20	6,10	2,34	2,92	1,36	0,85	0,86	1,20	--	
70	35	2	2,10	2,68	20,50	6,80	2,77	3,50	1,36	1,13	0,95	1,39	--	
		3	3,07	3,97	29,50	9,80	2,75	4,73	1,88	1,08	0,98	1,40	--	
80	40	2	2,41	3,07	30,80	7,71	3,17	4,89	1,68	1,26	1,09	1,59	--	
		3	3,54	4,50	43,90	11,00	3,12	7,01	2,45	1,25	1,14	1,60	--	
		4	4,61	5,87	55,40	13,90	3,07	8,92	3,17	1,23	1,19	1,60	--	
		5	5,63	7,18	65,50	16,40	3,02	10,60	3,84	1,22	1,24	1,61	0,25	
		6	6,61	8,42	74,20	18,60	2,97	12,10	4,47	1,20	1,28	1,62	0,30	
		100	50	2	3,04	3,87	61,50	12,30	3,99	9,72	2,66	1,59	1,34	1,99
		3	4,48	5,70	88,50	17,70	3,91	14,10	3,90	1,57	1,39	1,99	--	
		4	5,87	7,47	113,00	22,60	3,89	18,10	5,07	1,56	1,44	2,00	--	
		5	7,20	9,18	135,00	27,10	3,84	21,80	6,19	1,54	1,48	2,01	0,25	
		6	8,49	10,80	155,00	31,00	3,79	25,10	7,25	1,52	1,53	2,01	0,30	
	75	2	3,82	4,87	85,50	17,10	4,19	29,40	5,71	2,46	2,35	2,93	--	
		3	5,66	7,20	124,00	24,70	4,14	42,90	8,42	2,44	2,40	2,94	--	
		4	7,44	9,47	159,00	31,80	4,10	55,60	11,00	2,42	2,45	2,96	--	
		5	9,17	11,70	192,00	38,50	4,05	67,70	13,60	2,41	2,50	2,97	0,38	
		6	10,80	13,80	222,00	44,50	4,00	79,00	16,00	2,39	2,56	2,99	0,45	
125	50	2	3,43	4,37	103,00	16,50	4,86	10,40	2,74	1,54	1,20	1,98	--	
		3	5,07	6,45	149,00	23,90	4,81	15,10	4,02	1,53	1,24	1,99	--	
		4	6,65	8,47	192,00	30,70	4,76	19,40	5,24	1,51	1,29	1,99	--	
		5	8,19	10,40	231,00	36,90	4,71	23,40	6,40	1,50	1,34	1,99	0,20	
		6	9,67	12,30	267,00	42,70	4,65	27,10	7,50	1,48	1,38	1,99	0,24	
			75	2	4,21	5,37	141,00	22,60	5,12	31,70	5,91	2,43	2,14	2,96
		3	6,24	7,95	205,00	32,80	5,08	46,40	8,73	2,41	2,19	2,97	--	
		4	8,22	10,50	265,00	42,40	5,03	60,40	11,50	2,40	2,24	2,98	--	
		5	10,10	12,90	321,00	51,30	4,98	73,40	14,10	2,38	2,29	2,99	0,30	
		6	12,00	15,30	373,00	59,7	4,93	85,90	16,60	2,34	2,34	3,00	0,36	
150	50	2	3,82	4,87	138,00	21,10	5,71	10,90	2,80	1,50	1,09	1,97	--	
		3	5,66	7,20	230,00	30,70	5,65	15,90	4,11	1,49	1,13	1,97	--	
		4	7,44	9,47	297,00	39,60	5,60	20,50	5,36	1,47	1,17	1,97	--	
		5	9,17	11,70	359,00	47,90	5,55	24,80	6,55	1,46	1,22	1,97	0,17	
		6	10,80	13,80	417,00	55,60	5,49	28,70	7,68	1,44	1,26	1,97	0,20	

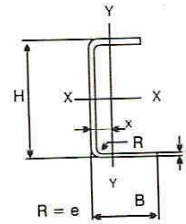


## 6. PERFILES ESTRUCTURALES

### 6.1 CANALES

**ESPECIFICACIONES GENERALES:**

- LARGO NORMAL : 6 mts. Otros largos previa consulta
- TERMINACION : Negro o galvanizado
- CALIDADES NORMALES : A-36, ASTM-570, JIS G 3101  
otras calidades a pedido
- OTRAS DIMENSIONES : A pedido previa consulta.



DIMENSIONES			PESO	PROPIEDADES									
H	B	e	P	AREA	EJES X-X			EJES Y-Y				FLEXION	
mm	mm	mm	Kg/m	cm <sup>2</sup>	I	W	i	I	W	i	x	ia	it
mm	mm	mm	Kg/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm	cm	cm
50	25	2	1,47	1,87	7,06	2,83	1,94	1,13	0,63	0,78	0,72	1,00	--
		3	2,12	2,70	9,70	3,88	1,89	1,57	0,91	0,76	0,77	1,01	--
60	30	2	1,78	2,27	12,80	4,30	2,37	2,04	0,93	0,88	0,82	1,19	--
		3	2,60	3,31	18,20	6,10	2,34	2,92	1,36	0,85	0,86	1,20	--
70	35	2	2,10	2,68	20,50	6,80	2,77	3,50	1,36	1,13	0,95	1,39	--
		3	3,07	3,97	29,50	9,80	2,75	4,73	1,88	1,08	0,98	1,40	--
80	40	2	2,41	3,07	30,80	7,71	3,17	4,89	1,68	1,26	1,09	1,59	--
		3	3,54	4,50	43,90	11,00	3,12	7,01	2,45	1,25	1,14	1,60	--
		4	4,61	5,87	55,40	13,90	3,07	8,92	3,17	1,23	1,19	1,60	--
		5	5,63	7,18	65,50	16,40	3,02	10,60	3,84	1,22	1,24	1,61	0,25
		6	6,61	8,42	74,20	18,60	2,97	12,10	4,47	1,20	1,28	1,62	0,30
		100	50	2	3,04	3,87	61,50	12,30	3,99	9,72	2,66	1,59	1,34
		3	4,48	5,70	88,50	17,70	3,91	14,10	3,90	1,57	1,39	1,99	--
		4	5,87	7,47	113,00	22,60	3,89	18,10	5,07	1,56	1,44	2,00	--
		5	7,20	9,18	135,00	27,10	3,84	21,80	6,19	1,54	1,48	2,01	0,25
		6	8,49	10,80	155,00	31,00	3,79	25,10	7,25	1,52	1,53	2,01	0,30
100	75	2	3,82	4,87	85,50	17,10	4,19	29,40	5,71	2,46	2,35	2,93	--
		3	5,66	7,20	124,00	24,70	4,14	42,90	8,42	2,44	2,40	2,94	--
		4	7,44	9,47	159,00	31,80	4,10	55,60	11,00	2,42	2,45	2,96	--
		5	9,17	11,70	192,00	38,30	4,05	67,70	13,60	2,41	2,50	2,97	0,38
		6	10,80	13,80	222,00	44,30	4,00	79,00	16,00	2,39	2,56	2,99	0,45
		125	50	2	3,43	4,37	103,00	16,50	4,86	10,40	2,74	1,54	1,20
3	5,07			6,45	149,00	23,90	4,81	15,10	4,02	1,53	1,24	1,99	--
4	6,65			8,47	192,00	30,70	4,76	19,40	5,24	1,51	1,29	1,99	--
5	8,19			10,40	231,00	36,90	4,71	23,40	6,40	1,50	1,34	1,99	0,20
6	9,67			12,30	267,00	42,70	4,65	27,10	7,50	1,48	1,38	1,99	0,24
125	75			2	4,21	5,37	141,00	22,60	5,12	31,70	5,91	2,43	2,14
		3	6,24	7,95	205,00	32,80	5,08	46,40	8,73	2,41	2,19	2,97	--
		4	8,22	10,50	265,00	42,40	5,03	60,40	11,50	2,40	2,24	2,98	--
		5	10,10	12,90	321,00	51,30	4,98	73,40	14,10	2,38	2,29	2,99	0,30
		6	12,00	15,30	373,00	59,7	4,93	85,90	16,60	2,37	2,34	3,00	0,36
		150	50	2	3,82	4,87	138,00	21,10	5,71	10,90	2,80	1,50	1,09
3	5,66			7,20	230,00	30,70	5,65	15,90	4,11	1,49	1,13	1,97	--
4	7,44			9,47	297,00	39,60	5,60	20,50	5,36	1,47	1,17	1,97	--
5	9,17			11,70	359,00	47,90	5,55	24,80	6,55	1,46	1,22	1,97	0,17
6	10,80			13,80	417,00	55,60	5,49	28,70	7,68	1,44	1,26	1,97	0,20

Generalidades

**CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES  
PARA CONSTRUCCIÓN DE MAQUINARIA**

TABLA 1. 6

MATERIAL	Módulos		Características		Coeficientes de trabajo admisibles en kg/cm <sup>2</sup>														
	Elasticidad kg/cm <sup>2</sup>	Desgarramiento kg/cm <sup>2</sup>	Carga de rotura kg/mm <sup>2</sup>	Alargamiento %	Tracción			Compresión			Flexión			Cortadura			Torsión		
					I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Acero suave	2.150.000	830.000	35-50	23-15	900 a 1500	600 a 1000	500 a 500	900 a 1500	600 a 1000	300 a 500	300 a 1000	720 a 1200	480 a 800	240 a 400	600 a 1200	400 a 800	200 a 400		
Acero duro	2.200.000	850.000	50-70	20-10	1200 a 1800	800 a 1200	400 a 600	1200 a 1800	800 a 1200	400 a 600	400 a 1200	900 a 1400	600 a 900	300 a 480	900 a 1400	600 a 900	300 a 480		
Acero muelles	2.000.000	900.000	70-150	16-5	1200 a 1800	800 a 1200	400 a 600	1200 a 1800	800 a 1200	400 a 600	7500 a 5000	900 a 1200	600 a 800	300 a 400	900 a 1200	600 a 800	300 a 400		
Acero al níquel	2.150.000	850.000	45-60	20-16	2500 a 1200	1600 a 800	900 a 400	2500 a 1200	1600 a 800	900 a 400	1600 a 800	2000 a 1000	1300 a 600	700 a 350	2000 a 1000	1300 a 600	700 a 350		
Acero cromo-níquel	2.080.000	850.000	85-115	20-13	600 a 1200	400 a 800	200 a 400	600 a 1200	400 a 800	200 a 400	750 a 1200	500 a 800	250 a 400	480 a 320	480 a 320	250 a 160	180 a 120		
Acero fundido	2.150.000	830.000	38-60	20-10	300 a 300	200 a 200	100 a 120	300 a 300	200 a 200	100 a 120	460 a 660	310 a 400	150 a 200	300 a 230	300 a 230	150 a 120	90 a 120		
Fundición gris	750.000	300.000	11-36	-	"	"	"	"	"	"	560 a 720	370 a 480	190 a 240	"	"	"	130 a 160		
Fundición mecanizada	"	"	19-35	-	"	"	"	"	"	"	450 a 700	300 a 470	150 a 230	"	"	"	100 a 130		
Fundición maleable	1.050.000	400.000	28-36	7,5-1	400 a 540	270 a 360	130 a 180	400 a 540	270 a 360	130 a 180	700 a 940	470 a 640	230 a 360	"	"	"	100 a 130		
Cobre laminado	1.150.000	"	20-27	35-25	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		
Plomo	1.150.000	"	1,25	37	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		
Aluminio fundido	685.000	260.000	9-15	13-8	100 a 120	70 a 80	30 a 40	150 a 200	100 a 130	50 a 70	"	"	"	"	"	"	"		
Bronce fundido	1.200.000	"	35-60	30-10	400 a 500	270 a 330	130 a 170	400 a 500	270 a 330	130 a 170	"	"	"	"	"	"	"		
Bronce fosforoso	1.200.000	"	30-44	41-34	600 a 900	400 a 600	200 a 300	600 a 900	400 a 600	200 a 300	600 a 900	400 a 600	200 a 300	450 a 700	300 a 470	150 a 230	150 a 230		
Latón	800.000	"	15	12	400 a 600	270 a 400	130 a 200	400 a 600	270 a 400	130 a 200	400 a 600	270 a 400	130 a 200	320 a 480	210 a 320	110 a 160	110 a 160		
Metal delta	1.050.000	"	40-75	40-10	600 a 1000	400 a 670	200 a 330	600 a 1000	400 a 670	200 a 330	600 a 1000	400 a 670	200 a 330	480 a 800	320 a 530	160 a 270	160 a 270		

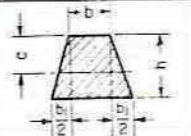
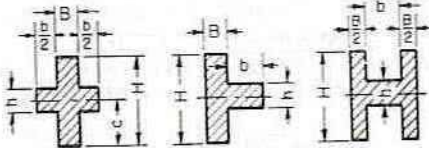
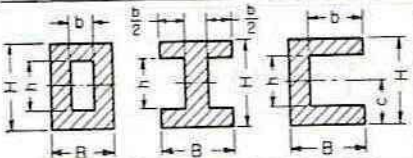
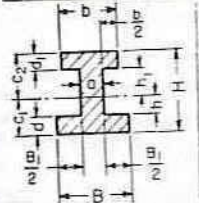
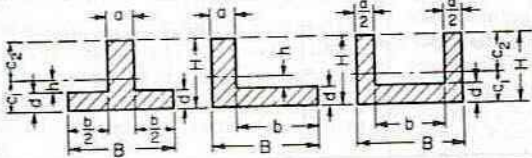
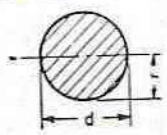
Casos de carga. - I, Carga estática o permanente. II, Carga alternativa, de un valor máximo a máxima negativa. III, Carga deciente, de un valor máximo a cero.



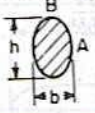
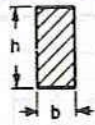





Generalidades		COEFICIENTES DE PONDERACIÓN		TABLA 2 . 6		
CASO DE CARGA		CLASE DE ACCION	Coeficientes de ponderación si el efecto de la acción es...			
			Desfavorable		Favorable	
CASO I	Acciones constantes y combinación de dos acciones variables independientes	Ia	Acciones constantes	1,33	1,33	1,00
			Sobrecarga	1,33	1,50	0,00
			Viento	1,50	1,33	0,00
	Ib	Acciones constantes	1,33		1,00	
		Sobrecarga	1,50		0,00	
		Nieve	1,50		0,00	
	Ic	Acciones constantes	1,33		1,00	
		Viento	1,50		0,00	
		Nieve	1,50		0,00	
CASO II	Acciones constantes y combinación de tres acciones variables independientes	Acciones constantes	1,33		1,00	
		Sobrecarga	1,33		0,00	
		Viento	1,33		0,00	
		Nieve	1,33		0,00	
CASO III	Acciones constantes y combinación de cuatro acciones variables independientes, incluso las acciones sísmicas	Acciones constantes	1,00		1,00	
		Sobrecarga	r (1)		0,00	
		Viento	0,25 (2)		0,00	
		Nieve	0,50 (3)		0,00	
		Acciones sísmicas	1,00		0,00	

(1) r es el coeficiente de reducción para la acción de la Norma Sísmica resistente, que indica:

Medios de unión		DIMENSIONES DE LOS TORNILLOS ORDINARIOS										TABLA 22 . 6	
Tornillo Tipo	Diám. caña d mm	Diám. int. d1 mm	Long. rosca l mm	Salida rosca x mm	Long. chaff. z mm	Espeor k mm	Dist. caras s mm	Dist. anistas e mm	Radio r mm	Tuerca m mm	Agujero z1 mm	Área núcleo A1 cm <sup>2</sup>	Área mín. A2 cm <sup>2</sup>
T 10	10	8,160	17,5	2,5	1,7	7	17	19,6	0,5	8	11	0,523	0,580
T 12	12	9,853	19,5	2,5	2	8	19	21,9	1	10	13	0,762	0,843
T 16	16	13,546	23	3	2,5	10	24	27,7	1	13	17	1,44	1,57
T 20	20	16,933	26	4	3	13	30	34,6	1	16	21	2,25	2,75
(T 22)	22	18,933	28	4	3,3	14	32	36,9	1	18	23	2,82	3,03
T 24	24	20,319	29,5	4,5	4	15	36	41,6	1	19	25	3,24	3,53
(T 27)	27	23,319	32,5	4,5	4	17	41	47,3	1	22	28	4,27	4,56
T 30	30	25,706	35	5	5	19	46	53,1	1	24	31	5,19	5,61
(T 33)	33	28,706	38	5	5	21	50	57,7	1	26	34	6,47	6,94
T 36	36	31,093	40	6	6	23	55	63,5	1	29	37	7,59	8,17

Sección	Momento de inercia	Módulo de sección	Radio de giro
<p>Polígono equilátero  <i>A</i> = área (véase la pág. 2-8)  <i>R</i> = radio del círculo circunscrito  <i>r</i> = radio del círculo inscrito  <i>n</i> = número de lados  <i>a</i> = longitud de un lado                      Eje como en la sección precedente de octágono</p>	$I = \frac{A}{24} (6R^2 - a^2)$ $= \frac{A}{48} (12r^2 + a^2)$ $= \frac{AR^2}{4} \text{ (aprox.)}$	$\frac{I}{c} = \frac{I}{r}$ $= \frac{I}{R \cos \frac{180^\circ}{n}}$ $= \frac{AR}{4} \text{ (aprox.)}$	$\sqrt{\frac{6R^2 - a^2}{24}} \approx \frac{R}{2}$ $\sqrt{\frac{12r^2 + a^2}{48}}$
	$I = \frac{6b^2 + 6bb_1 + b_1^2}{36(2b + b_1)} h^3$ $c = \frac{1}{3} \frac{3b + 2b_1}{2b + b_1} h$	$\frac{I}{c} = \frac{6b^2 + 6bb_1 + b_1^2}{12(3b + 2b_1)} h^2$	$\frac{h \sqrt{12b^2 + 12bb_1 + 2b_1^2}}{6(2b + b_1)}$
	$I = \frac{BH^3 + bh^3}{12}$ $\frac{I}{c} = \frac{BH^3 + bh^3}{6H}$	$\frac{I}{c} = \frac{BH^3 + bh^3}{6H}$	$\sqrt{\frac{BH^3 + bh^3}{12(BH + bh)}}$
	$I = \frac{BH^3 - bh^3}{12}$ $\frac{I}{c} = \frac{BH^3 - bh^3}{6H}$	$\frac{I}{c} = \frac{BH^3 - bh^3}{6H}$	$\sqrt{\frac{BH^3 - bh^3}{12(BH - bh)}}$
	$I = \frac{1}{2} (Bc_1^2 - B_1h^2 + bc_2^2 - b_1h_1^2)$ $c_1 = \frac{1}{2} \frac{aH^2 + B_1d^2 + b_1d_1(2H - d_1)}{aH + B_1d + b_1d_1}$	$\frac{I}{c} = \frac{I}{c_1}$	$\sqrt{\frac{I}{(Bd + b_1d_1) + a(h + h_1)}}$
	$I = \frac{1}{2} (Bc_1^2 - bh^2 + ac_2^2)$ $c_1 = \frac{1}{2} \frac{aH^2 + bd^2}{aH + bd}$ $c_2 = H - c_1$	$\frac{I}{c} = \frac{I}{c_1}$	$r = \sqrt{\frac{I}{[Bd + a(H - d)]}}$
	$I = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi r^4}{4} = \frac{A}{4} r^2$ $= 0.05d^4 \text{ (aprox.)}$	$\frac{I}{c} = \frac{\pi d^3}{32} = \frac{\pi r^3}{4} = \frac{A}{4} r$ $= 0.1d^3 \text{ (aprox.)}$	$\frac{r}{2} = \frac{d}{4}$


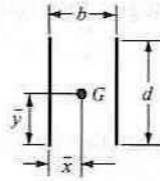
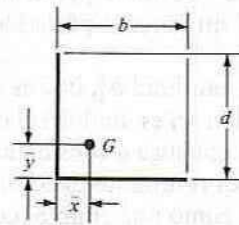
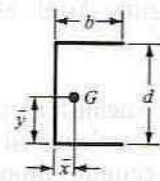
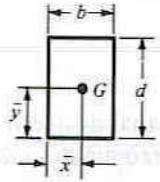
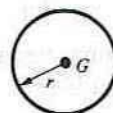
Sección transversal	Momento resistente de torsión $M_t$	Torsión angular, $\theta_1$ (longitud = 1 pulg., radio = 1 pulg.)		Trabajo de torsión ( $V$ = volumen)
		En términos del momento de torsión	En términos del cortante máximo	
	$\frac{\pi}{16} d^3 S_s$	$\frac{M_t}{GJ_p} = \frac{32}{\pi d^4} \frac{M_t}{G}$	$2 \frac{S_{s\max}}{G} \frac{l}{d}$	$\frac{1}{4} \frac{S_{s\max}^2}{G} V$ (Nota 1)
	$\frac{\pi}{16} \frac{D^4 - d^4}{D} S_s$	$\frac{32}{\pi(D^4 - d^4)} \frac{M_t}{G}$	$2 \frac{S_{s\max}}{G} \frac{l}{D}$	$\frac{1}{4} \frac{S_{s\max}^2}{G} \frac{D^2 + d^2}{D^2} V$ (Nota 2)
	$\frac{\pi}{16} b^3 h S_s$ ( $h > b$ )	$\frac{16}{\pi} \frac{b^3 + h^3}{b^3 h^3} \frac{M_t}{G}$	$\frac{S_{s\max}}{G} \frac{b^2 + h^2}{b h^2}$	$\frac{1}{8} \frac{S_{s\max}^2}{G} \frac{b^2 + h^2}{h^2} V$ (Nota 3)
	$3\frac{3}{8} b^3 h S_s$ ( $h > b$ )	$3.6 \frac{b^3 + h^3}{b^3 h^3} \frac{M_t}{G}$	$0.8 \frac{S_{s\max}}{G} \frac{b^2 + h^2}{b h^2}$	$\frac{4}{45} \frac{S_{s\max}^2}{G} \frac{b^2 + h^2}{h^2} V$ (Nota 4)
	$3\frac{3}{8} h^3 S_s$	$7.2 \frac{1}{h^4} \frac{M_t}{G}$	$1.6 \frac{S_{s\max}}{G} \frac{l}{h}$	$\frac{8}{45} \frac{S_{s\max}^2}{G} V$ (Nota 5)
	$\frac{b^3}{20} S_s$	$46.2 \frac{1}{b^4} \frac{M_t}{G}$	$2.31 \frac{S_{s\max}}{G} \frac{l}{b}$	
	$\frac{b^3}{1.09} S_s$	$0.967 \frac{1}{b^4} \frac{M_t}{G}$	$0.9 \frac{S_{s\max}}{G} \frac{l}{b}$	

\*Cuando  $h/b = 1 \quad 2 \quad 4 \quad 8$   
 El coeficiente 3.6 llega a ser = 3.56    3.50    3.35    3.21  
 El coeficiente 0.8 llega a ser = 0.79    0.78    0.74    0.71

NOTAS: 1)  $S_{s\max}$  en la circunferencia. 2)  $S_{s\max}$  en la circunferencia exterior. 3)  $S_{s\max}$  en A;  $S_{sB} = 16M_t/\pi b h^2$ . 4)  $S_{s\max}$  a la mitad del lado  $h$ ; a la mitad de  $b$ ,  $S_s = 9M_t/2bh^2$ . 5)  $S_{s\max}$  a la mitad del lado.

TIPO DE ACERO	Núm. ASTM	$S_y$ , kpsi	$S_u$ , kpsi	TAMAÑO, in, HASTA
Al carbono	A36	36	58	8
Al carbono	A529	42	60	$\frac{1}{2}$
De baja aleación	A572	42	60	6
De baja aleación	A572	50	65	2
Inoxidable	A588	50	70	4
De aleación Q&T	A514	100	110	$2\frac{1}{2}$

Para soportes de elevadores	$K = 2$
Para vigas maestras de soporte de grúas puente, con cabina de operador y sus uniones	$K = 1.25$
Para vigas maestras de soporte de grúas puente operadas desde el piso y sus uniones	$K = 1.10$
Para soportes de maquinaria ligera, impulsada con eje de transmisión o motor	$K \geq 1.20$
Para soportes de maquinaria de movimiento alternativo o con potencia de impulsión propia	$K \geq 1.50$
Para suspensiones de pisos y plataformas	$K = 1.33$

SOLDADURA	ÁREA DE GARGANTA	UBICACIÓN DE G	SEGUNDO MOMENTO POLAR DE ÁREA UNITARIO
	$A = 0.707hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = d^3/12$
	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{d(3b^2 + d^2)}{6}$
	$A = 0.707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2(b + d)}$ $\bar{y} = \frac{d^2}{2(b + d)}$	$J_u = \frac{(b + d)^4 - 6b^2d^2}{12(b + d)}$
	$A = 0.707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b + d}$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} - \frac{b^4}{2b + d}$
	$A = 1.414h(b + d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{(b + d)^3}{6}$
	$A = 1.414\pi hr$		$J_u = 2\pi r^3$