

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE QUITO**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECANICA**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
MECÁNICO**

**TEMA:**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ELEVADOR VERTICAL MANUAL  
TIPO APILADOR PARA UNA CARGA MAXIMA DE 300 Kg.**

**AUTORES:**

**FRANCISCO JAVIER GAVILANES CARRASCO Y**

**JUAN XAVIER MOROCHO OÑA**

**DIRECTOR:**

**ING. LUIS JUIÑA**

**Quito, Enero de 2014**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico ha sido realizado en su totalidad por los Señores:

Francisco Javier Gavilanes Carrasco.

Juan Xavier Morocho Oña

Atentamente,

.....

Ing. Luis Juiña

**DIRECTOR DE TESIS**

**DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO  
DEL TRABAJO DE GRADO**

Nosotros autorizamos a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de grado y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaramos que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

-----

Francisco Javier Gavilanes Carrasco

CC. 171226177-3

-----

Juan Xavier Morocho Oña

CC. 171412331-0

## **DEDICATORIA**

Dedicamos este trabajo de grado en primer lugar a Dios, a nuestros queridos padres y familias, por todo el apoyo incondicional brindado en el transcurso de la elaboración de este proyecto y hacer todo lo posible por ayudarnos a culminar nuestra carrera y seguir con nuestras aspiraciones como profesionales.



## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a todas las personas que han ayudado a terminar este trabajo de grado, en especial a nuestro director de tesis quien aportó con sus recomendaciones y consejos de gran utilidad.

## **JUSTIFICACIÓN:**

El elevador mecánico es la opción más acertada porque de esta manera se crea un valor agregado al proceso de tendido de cable coaxial y mantenimiento de redes industriales aéreas de telecomunicaciones precautelando la integridad del personal que realiza trabajos en alturas; esto trae como consecuencia grandes ventajas tales como: menor utilización de personal en las obras y reducción de tiempo en la entrega de obras, sin descuidar los protocolos y estándares que se han creado para este tipo de trabajos.

La característica en el diseño para que el elevador manual sea del tipo transportable es la movilidad entre varios puntos de trabajos en óptimas condiciones de servicio del equipo.

Dentro de este proyecto se ha tomado como aspecto fundamental varias ventajas en su construcción las cuales se indican a continuación:

- Bajo costos en el mantenimiento preventivo y correctivo.
- Bajo costo de construcción menor a elevadores importados.
- Fácil de reubicar dentro de las instalaciones por su bajo peso y sencillez de transportación.

## **OBJETIVOS:**

### **OBJETIVO GENERAL:**

Diseñar y construir un elevador vertical manual tipo apilador cuyo valor de carga máxima a ser elevada sea (300 Kg.) y la altura máxima a elevar la carga sea (5000 mm.), medidos desde la base, para el mantenimiento e instalaciones industriales aéreas de telecomunicaciones para la empresa JYXCEM CIA.LTDA.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS:**

- El equipo a diseñar y construir debe ser un dispositivo innovador, que permita ofrecer a los usuarios un medio eficaz y rentable, prestando también comodidad, ayuda y sobre todo cuidando la salud del operario.
- Seleccionar los materiales acorde a la disponibilidad del mercado local.
- Diseñar y construir el equipo bajo los parámetros de la norma internacional (AISC).
- Obtener en el equipo diseñado y construido la mayor seguridad posible para el operario, los materiales y herramientas a elevar.
- Constatar en el protocolo de pruebas la eficacia y eficiencia del elevador.

## **HIPOTESIS:**

- Con el diseño y construcción de este elevador se logrará satisfacer una necesidad de elevar a un trabajador para realizar las instalaciones y el mantenimiento de redes industriales aéreas de comunicación para la empresa JYXCEM CIA. LTDA, así como también para realizar diferentes tipos de trabajo donde se requiera elevar cargas, materiales y herramientas a diferentes alturas con una altura máxima de elevación de carga de (5000 mm.), medidos desde la base.
- En el diseño del elevador se utilizará la norma internacional (AISC).
- En la construcción del elevador se utilizará materiales existentes en el mercado nacional para abaratar costos.
- La construcción del elevador se realizará en máquinas herramientas automáticas, con lo que se disminuirá el tiempo de elaboración de los diferentes tipos de mecanismos.

## VARIABLES E INDICADORES:

<b>VARIABLES</b>	<b>INDICADORES</b>
Trabajos a realizar	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Disminución de esfuerzo físico de los trabajadores.</li><li>➤ Disminución de riesgos de accidentes de trabajo por caídas.</li><li>➤ Seguridad al elevar la carga, herramientas y materiales de trabajo.</li><li>➤ Aumento de productividad.</li><li>➤ Alcance de la altura máxima (5000 mm.).</li></ul>
Diseño del elevador	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Utilización de la norma internacional (AISC).</li><li>➤ Cálculos y consideraciones de diseño, códigos y normas.</li><li>➤ Factores de seguridad y confiabilidad.</li></ul>
Materiales existentes en el mercado nacional	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Proveedores.</li><li>➤ Transporte.</li><li>➤ Factores económicos.</li></ul>
Máquinas herramientas	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Equipos de medición.</li><li>➤ Equipo de soldadura.</li><li>➤ Torno.</li><li>➤ Fresa.</li><li>➤ Cortadora circular.</li><li>➤ Amoladora.</li><li>➤ Taladros.</li></ul>

## **MARCO METODOLÓGICO:**

En este proyecto se ha optado por la utilización de los siguientes métodos:

### **Método General:**

Los métodos generales se identifican por su carácter histórico, estos fueron utilizados por los griegos para alcanzar el conocimiento.

### **En el proyecto:**

Este método se utilizará para realizar y explicar la clasificación de los elevadores existentes así como también el funcionamiento de cada uno de ellos.

### **Método deductivo:**

Es aquel que parte de datos generales aceptados como válidos para llegar a una conclusión de tipo particular.

### **En el proyecto:**

El rendimiento, eficacia y seguridad que nos proporciona al transportar y elevar la carga al lugar deseado, el tiempo ahorrado, la seguridad del operario y la seguridad de la carga hasta el lugar de instalación o mantenimiento requerido.

### **Método inductivo:**

Es aquel que parte de los datos particulares para llegar a conclusiones generales.

### **En el proyecto:**

Comprobar que al utilizar este tipo de equipo podemos llegar a mejorar los tiempos de instalación, seguridad al elevar al trabajador, seguridad al elevar la carga así como también seguridad al elevar los materiales y herramientas requeridos.

**Método Científico:**

Es donde el investigador debe presentar por escrito los conocimientos ya publicados sobre el tema, validados por la bibliografía existente.

**En el proyecto:**

El diseño y estudio de este tipo de proyecto se realizará luego de la investigación en catálogos, libros, internet, aportes del director de tesis, además se aplicaran los conocimientos adquiridos en resistencia de materiales, mecánica de materiales, mecanismos, elementos de máquinas, procesos de soldadura y máquinas herramientas. ; así como también los conocimientos adquiridos dentro de la materia de diseño mecánico.

## **ALCANCE:**

En el diseño y construcción de un elevador vertical manual cuyo valor de carga máxima a ser elevada sea (300 Kg.) y la altura máxima a elevar sea de (5000 mm.), medidos desde la base, se utilizará las normas internacionales de la especificación (AISC) así como también resistencia de materiales, propiedades mecánicas, esfuerzos de flexión, torsión, mecanismos, arrastre, levantamiento, tracción y empuje.

En este proyecto se determinará por medio de cálculos la soldadura adecuada para las juntas de los diferentes elementos que constituyen el equipo según sea el caso.

El funcionamiento del elevador vertical manual requiere de una infraestructura técnica complementaria que garantice un óptimo desenvolvimiento de todas sus partes en conjunto. Entre estos se detallan:

- Planos generales
- Planos de despiece
- Planos del sistema estructural
- Manual de operación
- Manual de mantenimiento

Los costos de construcción se realizarán en base a materiales existentes en el mercado nacional, sujetos a normas y estándares nacionales e internacionales.



<b>ÍNDICE GENERAL</b>	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN -----	1
 <b>CAPÍTULO 1</b>	
1 GENERALIDADES -----	2
1.1 Elevador -----	2
1.2 Tipos de elevadores -----	2
1.2.1 Clasificación de los elevadores y su funcionamiento -----	3
1.2.1.1 Elevador unipersonal -----	3
1.2.1.2 Carretilla elevadora -----	4
1.2.1.3 Carretilla elevadora de mástil vertical -----	5
1.2.1.4 Carretilla elevadora de pequeña elevación -----	5
1.2.1.5 Carretilla elevadora de voladizo -----	6
1.2.1.6 Escalera -----	7
1.2.1.7 Andamio -----	8
 <b>CAPÍTULO 2</b>	
2 DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS MECÁNICOS -----	10
2.1 Requisitos generales de diseño -----	10
2.1.1 Materiales a utilizar -----	11
2.1.1.1 Dimensionamiento -----	11
2.1.2 Método de diseño estructural -----	12
2.1.2.1 Criterios para el diseño -----	12
2.2 Factor de seguridad -----	13
2.3 Diseño de la base -----	15
2.3.1 Ubicación de la carga distribuida -----	16
2.3.2 Ecuaciones para el cálculo del peso lineal -----	16
2.3.3 Selección del perfil -----	18
2.3.4 Ecuaciones para el cálculo de selección del perfil -----	18
2.3.5 Cálculo del módulo de sección -----	20
2.3.5.1 Cálculo del factor de seguridad teórico y real (elemento 1) -----	22
2.4 Diseño y selección del elemento (2) de la base -----	25
2.4.1 Cálculo del factor de seguridad teórico y real (elemento 2) -----	28

2.5 Selección de ruedas de transporte (garruchas) para la base -----	30
2.5.1 Cálculo del factor de seguridad de las ruedas de transporte (garruchas) de la base -----	32
2.6 Diseño de estabilizadores -----	33
2.6.1 Calculo del factor de seguridad teórico y real (estabilizadores) -----	40
2.7 Selección de ruedas de transporte (garruchas) para los estabilizadores -----	42
2.7.1 Cálculo del factor de seguridad de las ruedas de transporte (garruchas) de los estabilizadores -----	43
2.8 Diseño de la columna o mástil -----	44
2.9 Diseño de la horquilla -----	53
2.9.1 Cálculo del peso total -----	54
2.9.1.1 Cálculo del factor de seguridad teórico y real (elemento 1) -----	58
2.9.2 Diseño y selección del (elemento 2) de la horquilla -----	61
2.9.2.1 Cálculo del factor de seguridad teórico y real (elemento 2) -----	64
2.10 Diseño de la canastilla -----	67
2.10.1 Diseño del piso de la canastilla -----	68
2.10.2 Diseño del cerramiento de la canastilla -----	70
2.10.3 Diseño de puerta del cerramiento -----	72
2.11 Diseño mecanismos de deslizamiento de tramos telescópicos -----	74
2.11.1 Selección del rodamiento para sistemas de deslizamiento -----	75
2.11.2 Cálculo de la componente de la fuerza de diseño -----	77
2.11.3 Cálculo del factor de seguridad de los rodamientos -----	80
2.12 Diseño del eje sujetador roscado para el acoplamiento de rodamientos en los sistemas de deslizamiento -----	81
2.12.1 Cálculo de precarga del sujetador roscado del eje del rodamiento -----	86
2.13 Selección y especificación del cable de acero -----	90
2.13.1 Dimensionamiento del cable de acero y polea -----	92
2.13.2 Cálculo del factor de seguridad del cable de acero -----	94
2.14 Diseño de mecanismos de elevación -----	98
2.14.1 Selección del rodamiento para polea -----	99
2.14.2 Cálculo del factor de seguridad de los rodamientos -----	100
2.15 Dimensionamiento de poleas del sistema de elevación -----	100

2.16 Diseño del sujetador roscado para polea del mecanismo de elevación -----	102
2.16.1 Cálculo de precarga del sujetador roscado del eje de rodamiento y polea -	104
2.17 Diseño y dimensionamiento del cilindro y eje con rosca interior del mecanismo de elevación -----	107
2.17.1 Selección del rodamiento para eje del cilindro -----	109
2.17.2 Cálculo del factor de seguridad de los rodamientos -----	110
2.17.3 Dimensionamiento de eje del cilindro -----	111
2.17.4 Cálculos del eje de cilindro -----	112
2.17.4.1 Cálculo del factor de seguridad teórico y real del eje de cilindro -----	116
2.17.5 Dimensionamiento del cilindro -----	118
2.17.6 Cálculos del cilindro -----	119
2.17.6.1 Cálculo del factor de seguridad teórico y real del cilindro -----	123
2.18 Cálculo de pernos sujetadores de eje de cilindro -----	126
2.18.1 Cálculo de precarga del perno sujetador de eje del cilindro -----	129
2.19 Selección y especificación del cabrestante -----	131
2.19.1 Dimensionamiento de perforaciones para montaje de cabrestante en la columna fija del equipo -----	133
2.19.2 Cálculo de pernos sujetadores del cabrestante a la columna -----	135
2.19.3 Cálculo de precarga de pernos sujetadores de cabrestante a columna -----	136
2.20 Cálculo de pernos sujetadores de la columna fija al tramo soldado al (elemento 2) de la base del equipo -----	139
2.20.1 Cálculo de precarga para pernos sujetadores de la columna fija al tramo soldado al (elemento 2) de la base del equipo -----	141
2.21 Cálculo de barras tensoras -----	144
2.21.1 Cálculo del módulo de sección de la barra -----	145
2.21.2 Placas de acero para acoplar barras tensoras -----	148
2.22 Diseño de la soldadura -----	149
2.22.1 Soldadura de la base y elementos constitutivos -----	152
2.22.1.1 Soldadura de (elemento 2) a (elementos 1) -----	153
2.22.1.2 Soldadura de cavidades de los estabilizadores a (elementos 1) -----	155
2.22.1.3 Soldadura de tramo perfil correa 200 x 50 x 25 x 4 mm, a (elemento 2) de la base-----	157

2.22.1.4 Soldadura de placa de acero para barra tensora 24 x 24 x 4 mm a (elemento 1) y a columna fija -----	158
2.22.2 Soldadura de ángulos sujetadores de ejes de rodamientos y guías de tramos telescópicos a perfiles estructurales de 2000 x 50 x 25 x 4 mm -----	160
2.22.2.1 Soldadura de ángulos sujetadores 300 x 50 x 4 mm de ejes de rodamientos a perfil estructural 2000 x 50 x 25 x 4 mm -----	161
2.22.2.2 Soldadura de guías de tramos telescópicos a perfiles estructurales de 2000 x 50 x 25 x 4 mm -----	163
2.22.3 Soldadura de placa de acero 300 x 200 x 4 mm a horquilla y a tramo telescópico de 300 x 50 x 25 x 4 mm -----	163
2.22.3.1 Soldadura de horquilla a placa de acero de 300 x 200 x 4 mm -----	164
2.22.3.2 Soldadura de horquilla y placa de acero de 300 x 200 x 4 mm a tramo telescópico 300 x 50 x 25 x 4 mm -----	166
2.22.4 Soldadura de placas de acero 30 x 26 x 4 mm sujetadoras de cilindros a tramos telescópicos de 2000 x 50 x 25 x 4 mm y a columna fija -----	167
2.22.5 Soldadura de canastilla -----	170
2.22.5.1 Soldadura de la base -----	170
2.22.5.2 Soldadura de la plancha de acero antideslizante a tubo estructural cuadrado 75 x 75 x 2 mm -----	172
2.22.5.3 Soldadura de cerramiento y puerta de tubo estructural cuadrado 20 x 20 x 2 mm -----	174
2.22.5.4 Soldadura de bisagras -----	176

### **CAPÍTULO 3**

3 COSTOS -----	178
3.1 Estudio de costos -----	178
3.2 Costos de la estructura del equipo -----	179
3.2.1 Cálculo del peso de material por pieza -----	180
3.2.2 Costo total del material por pieza -----	181
3.2.3 Tiempos de mecanizado de la estructura metálica del equipo -----	182
3.3 Costos de mecanismo de deslizamiento -----	182
3.3.1 Tiempos de mecanizado en el torno -----	182

	<b>Pág.</b>
3.3.2 Cálculo de revoluciones por minuto del torno -----	183
3.3.3 Cálculo del tiempo total de mecanizado en el torno -----	184
3.4 Costos de mecanismo de elevación -----	185
3.5 Costos de utilización de maquinaria -----	185
3.6 Costos por insumos generales -----	188
3.7 Costos de mano de obra -----	188
3.8 Costos indirectos -----	189
3.9 Costo total del equipo -----	190
CONCLUSIONES -----	192
RECOMENDACIONES -----	193
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

**CAPÍTULO 1**

Figura 1.1 Elevador vertical manual -----	2
Figura 1.2 Elevador unipersonal -----	3
Figura 1.3 Posición estática de una carretilla elevadora -----	4
Figura 1.4 Carretilla elevadora de mástil vertical -----	5
Figura 1.5 Carretilla elevadora de pequeña elevación -----	6
Figura 1.6 Carretilla elevadora de voladizo -----	7
Figura 1.7 Escaleras de aluminio -----	8
Figura 1.8 Andamio -----	9

**CAPÍTULO 2**

Figura 2.1 Vista general de los elementos a diseñar y seleccionar -----	10
Figura 2.2 Altura máxima de recorrido -----	13
Figura 2.3 Viga simple – carga distribuida uniformemente -----	15
Figura 2.4 Área donde actúa la carga distribuida [cm] -----	16
Figura 2.5 Viga simple empotrada en los extremos – carga concentrada en el centro - -----	26
Figura 2.6 Diagrama de medidas de a base, horquilla, estabilizadores y centro de gravedad [cm] -----	34
Figura 2.7 Diagrama de cuerpo libre [cm] -----	35
Figura 2.8 Viga simple – carga distribuida uniformemente, empotrada en un extremo y apoyo móvil en el otro -----	37
Figura 2.9 Valor de K teórico y recomendado para diseño -----	44
Figura 2.10 Curva ASD para esfuerzos permisibles en columnas -----	50
Figura 2.11 Dimensiones perfil estructural correa -----	52
Figura 2.12 Ángulos sujetadores para rodamientos guías de tramos telescópicos ---- -----	53
Figura 2. 13 Viga en voladizo – carga concentrada en el extremo final de la viga ---- -----	53
Figura 2.14 Horquilla -----	54
Figura 2.15 Viga simple empotrada en los extremos – carga distribuida uniformemente -----	61

Figura 2.16 Base de la canastilla [cm] -----	67
Figura 2.17 Plancha de acero [cm] -----	69
Figura 2.18 Cerramiento de la canastilla [cm] -----	71
Figura 2.19 Puerta de cerramiento de la canastilla [cm] -----	72
Figura 2.20 Canastilla -----	73
Figura 2.21 Mecanismo de deslizamiento de tramos telescópicos -----	75
Figura 2.22 Rodamiento 16004 -----	75
Figura 2.23 Diagrama de cuerpo libre (componente de F) -----	76
Figura 2.24 Diagrama de fuerzas de reacción debido a carga de diseño en rodamientos. Figura (a) vista frontal. Figura (b) vista superior -----	78
Figura 2.25 Sistema de deslizamiento de los tramos telescópicos del equipo [cm] --- -----	79
Figura 2.26 Diagrama de fuerzas que actúan en el eje sujetador roscado del rodamiento -----	82
Figura 2.27 Medidas generales del eje sujetador roscado [mm] -----	85
Figura 2.28 Tipos de cables de acero -----	91
Figura 2.29 Sección de un cable de 6 x 7 -----	91
Figura 2.30 Rodamiento 6301 -----	99
Figura 2.31 Polea del sistema de elevación [mm] -----	101
Figura 2.32 Polea y tramos telescópicos -----	101
Figura 2.33 Diagrama de fuerzas que actúan en el eje sujetador roscado del rodamiento y polea -----	102
Figura 2.34 Medidas generales del eje sujetador roscado de rodamiento y polea [mm] -----	104
Figura 2.35 Ubicación del cilindro en el mecanismo de elevación -----	108
Figura 2.36 Placas de acero [mm] -----	109
Figura 2.37 Rodamiento 6004 -----	109
Figura 2.38 Diagrama de fuerzas en rodamientos -----	110
Figura 2.39 Eje de cilindro (figura (a) vista general, figura (b) dimensionamiento) --- -----	111
Figura 2.40 Viga simple – carga concentrada en el centro -----	112

Figura 2.41 Propiedades geométricas de secciones -----	115
Figura 2.42 Cilindro [mm] -----	118
Figura 2.43 Viga simple – carga concentrada en el centro -----	119
Figura 2.44 Propiedades geométricas de secciones -----	122
Figura 2.45 Ubicación y fuerzas que actúan sobre los pernos -----	126
Figura 2.46 Cabrestante -----	132
Figura 2.47 Despiece cabrestante -----	133
Figura 2.48 Ubicación de perforaciones en columna -----	134
Figura 2.49 Carga cortante transmitida a pernos M 10 -----	134
Figura 2.50 Ensamblaje de columna -----	139
Figura 2.51 Ubicación pernos M 12 x 25 x 1.75 -----	140
Figura 2.52 Barra tensora y placas de acero -----	145
Figura 2.53 Propiedades geométricas de las secciones -----	146
Figura 2.54 Placas de acero -----	148
Figura 2.55 Tipos de uniones soldadas -----	149
Figura 2.56 Unión a traslape -----	150
Figura 2.57 Ancho máximo de los filetes -----	152
Figura 2.58 Diagrama de fuerzas que actúan sobre la base y elementos constitutivos -----	153
Figura 2.59 Diagrama de tipos de soldadura sobre ángulos sujetadores y guías de tramos telescópicos -----	161
Figura 2.60 Diagrama de fuerzas que actúan sobre horquilla, placa de acero y tramo telescópico -----	164
Figura 2.61 Diagrama de fuerzas que actúan sobre las placas de acero -----	168
Figura 2.62 Diagrama de fuerzas que actúan sobre la canastilla -----	170



## ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

### CAPÍTULO 2

Tabla 2.1 Descripción de elementos -----	11
Tabla 2.2 Especificaciones ASTM para perfiles estructurales -----	21
Tabla 2.3 Valores de Fa según valor de esbeltez -----	47
Tabla 2.4 Peso según estatura de una persona adulta -----	55
Tabla 2.5 Especificaciones ASTM para planchas y barras -----	83
Tabla 2.6 Diámetros y áreas de roscas métricas de paso grueso y fino -----	87
Tabla 2.7 Factores del par de torsión K -----	90
Tabla 2.8 Datos de cables metálicos -----	92
Tabla 2.9 Factores mínimos de seguridad para cables de acero -----	95
Tabla 2.10 Especificaciones ASTM para pernos de acero -----	128
Tabla 2.11 Propiedades mecánicas típicas de los electrodos -----	151

### CAPÍTULO 3

Tabla 3.1 Costos de materiales de la estructura metálica -----	anexo 9
Tabla 3.1.1 Perfilería -----	anexo 9
Tabla 3.1.2 Elementos circulares -----	anexo 9
Tabla 3.2 Tiempo de construcción de estructura metálica -----	anexo 9
Tabla 3.2.1 Tiempo taladro -----	anexo 9
Tabla 3.3 Costos de materiales de mecanismo de deslizamiento -----	anexo 9
Tabla 3.3.1 Perfiles -----	anexo 9
Tabla 3.3.2 Ejes -----	anexo 9
Tabla 3.4 Tiempo de construcción de mecanismo de deslizamiento -----	anexo 9
Tabla 3.4.1 Tiempo torno -----	anexo 9
Tabla 3.4.2 Tiempo taladro -----	anexo 9
Tabla 3.5 Costos de materiales de mecanismo de elevación -----	anexo 9
Tabla 3.5.1 Placas de acero -----	anexo 9
Tabla 3.5.2 Ejes -----	anexo 9
Tabla 3.6 Tiempos de utilización de maquinaria para construcción de mecanismo de elevación -----	anexo 9
Tabla 3.6.1 Tiempo de torno -----	anexo 9
Tabla 3.6.2 Tiempo de taladro -----	anexo 9

Tabla 3.7 Costos de mano de obra y maquinaria -----	anexo 9
Tabla 3.8 Costos de insumos -----	anexo 9
Tabla 3.9 Costo total del equipo -----	anexo 9
Tabla 3.10 Sueldos y salarios M.R.L. -----	188
Tabla 3.11 Valores mensuales de técnicos del sector de metalmecánica -----	189
Tabla 3.12 Costo total -----	190
Tabla 3.13 Elevador diseñado y construido vs importado -----	191

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1 Catálogo de perfiles, tubos estructurales, planchas de acero y cabrestante

Anexo 2 Catálogo de ruedas para transporte industrial

Anexo 3 Catálogo de rodamientos NTN

Anexo 4 Proformas y facturas

Anexo 5 Costo de naviera

Anexo 6 Costos de procesos FRAMADE

Anexo 7 Costo de Ingeniería

Anexo 8 Arancel nacional de importaciones

Anexo 9 Tablas de costos

Anexo 10 Manual de operación y mantenimiento del elevador vertical manual tipo apilador

Anexo 11 Fotos del equipo construido

Anexo 12 Planos

## **GLOSARIO DE TÉRMINOS**

**AISC American Institute of Steel Construction.-** Especificaciones Internacionales del Instituto Americano de Construcción en Acero.

**ASD Diseño por Resistencias Admisibles.-** Método para dimensionar componentes estructurales tal que las resistencias requeridas, calculadas con las combinaciones de cargas ASD no excedan las resistencias y esfuerzos permisibles. ASD Allowable Strength Design.

**ASTM American Society for Testing and Materials.-** Norma Internacional de la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales.

**A-36 Standard Specification for Carbon Structural Steel.-** Especificación Estandar para el Acero Estructural con Aleación de Carbono.

**Carga.-** Fuerza u otra acción que resulta del peso de los materiales de construcción de la edificación, el peso y la actividad de sus ocupantes y sus pertenencias. Load.

**Carga concentrada.-** Carga que se aplica en un punto de un elemento estructural.

**Carga crítica.-** Carga a la cual un miembro perfectamente recto puede adoptar una de las dos posiciones de equilibrio, según lo determine un análisis teórico de estabilidad. En miembros en compresión (columna), esta puede permanecer recta o adoptar una posición flectada. En el caso de miembros en flexión (viga), puede flectar y torcerse fuera de su plano, o permanecer flexionada en su plano. Critical load.

**Carga de diseño.-** Carga aplicada determinada de acuerdo con las combinaciones LRFD o ASD, la que sea aplicable. Design load.

**Carga distribuida.-** Carga que se aplica a toda la longitud de un elemento estructural o a una parte de éste.

**Columna.-** Miembro estructural nominalmente vertical cuya principal función es resistir carga axial de compresión. Column.

**Dispositivo.-** Aparato o mecanismo que desarrolla determinadas acciones.

**Esbeltez.-** Se dice que una columna es esbelta si las dimensiones de su sección transversal son pequeñas en comparación con su longitud. El grado de esbeltez se expresa, generalmente, en términos de la relación de esbeltez  $L/r$  donde  $L$  es la longitud no soportada del elemento y  $r$  es el radio de giro de su sección transversal.

**Esfuerzo de fluencia.-** Indicación del esfuerzo máximo que se puede desarrollar en un material sin causar una deformación plástica. Es el esfuerzo en el que un material exhibe una deformación permanente específica y es una aproximación práctica de límite elástico.

**Esfuerzo Permissible.-** Carga máxima que puede soportar un elemento sin fallar antes de que termine su vida útil predeterminada.

**Estabilizador.-** Elemento, generalmente situado en la parte trasera de una estructura, que asegura la estabilidad y permite además su control.

**Estructura.-** Conjunto de partes unidas entre sí que forman un cuerpo, una forma o un todo, destinadas a soportar los efectos de las fuerzas que actúan sobre el cuerpo.

**Factor de seguridad.-** Factor que toma en cuenta las desviaciones entre la resistencia real y la resistencia teórica, las desviaciones entre la carga real y la carga nominal.

**Fuerza cortante.-** Resultante de las fuerzas que actúan de forma vertical hacia arriba sobre una estructura determinada.

**LRFD.-** Acrónimo de Load and Resistance Factor Design, método de dimensionamiento de componentes estructurales tal que la resistencia de diseño iguale o exceda las resistencias requeridas provenientes de las combinaciones LRFD para cargas. Método LRFD.

**Mecanismo.-** Un sistema articulado capaz de deformarse sin un incremento finito de la carga. Se usa en el sentido particular de que la vinculación puede incluir articulaciones reales y/o plásticas. Mechanism.

**Módulo de elasticidad.-** El módulo de Young o módulo de elasticidad longitudinal es un parámetro que caracteriza el comportamiento de un material elástico, según la dirección en la que se aplica una fuerza. Este comportamiento fue observado y estudiado por el científico inglés Thomas Young.

**Módulo de sección.-** Propiedad geométrica que establece las dimensiones de un elemento estructural.

**Momento de inercia.-** El momento de inercia expresa la forma como la masa del cuerpo está distribuida con respecto al eje de rotación y por tanto su valor depende del eje alrededor del cual gire el cuerpo.

**Momento de volteo.-** Acción de dar vuelta a una estructura debido a una carga en un punto determinado de la misma.

**Momento máximo.-** El momento de una fuerza  $\mathbf{F}$  máxima aplicada en un punto P con respecto de un punto O.

**Pandeo.-** Estado límite de cambio repentino en la geometría de una estructura o de cualquiera de sus componentes en condición de carga crítica.

**Peso lineal.-** Carga ubicada a lo largo de un miembro estructural.

**Peso por área.-** Carga ubicada en un área determinada.

**Perfiles estructurales.-** Elementos que conforman la estructura del sistema.

**Precarga.-** Capacidad de mantener firme al perno y determina la resistencia de la unión.

**Radio de giro.-** Se define el radio de giro como la distancia desde el eje de giro a un punto donde podríamos suponer concentrada toda la masa del cuerpo.

**Viga.-** Miembro estructural nominalmente horizontal cuya función principal es resistir momentos flectores. Beam.

## **RESUMEN**

Este trabajo contempla el cálculo, diseño y construcción de un elevador vertical manual tipo apilador para una carga máxima de 300 Kg y una altura máxima de elevación de 5000 mm medidos desde la base del equipo, cuya finalidad es cumplir una necesidad específica de la empresa JYXCEM CIA. LTDA contratista para instituciones públicas, privadas en instalaciones y mantenimiento de redes industriales aéreas de telecomunicaciones.

El capítulo 1 trata de manera general los diferentes tipos de elevadores existentes y no existentes en el mercado nacional, así como también su uso en la industria, características, partes y funcionamiento.

El capítulo 2 muestra el cálculo, diseño, selección de materiales y soldadura de las diferentes partes, mecanismos y sistemas que constituyen el elevador vertical manual tipo apilador mediante tablas, diagramas, figuras, especificaciones internacionales como del American Institute of Steel Construction (AISC) y el método de diseño en acero por esfuerzos permisibles (ASD).

El capítulo 3 contempla los costos en su totalidad generados en la adquisición de materiales, insumos, costos de ingeniería, costos de fabricación y costos de imprevistos con lo cual se logra establecer una comparación con el equipo diseñado, construido y un equipo importado de similares características.



## **ABSTRACT**

This project includes the calculus, the design and the construction of a vertical elevator type manual stacker for a maximum load of 300 kg and a maximum lifting height of 5000 mm measured from the bottom of the elevator.

The purpose is to meet the specific need of JYXCEM CIA. LTDA Company which lends its service to public and private institutions as contractors providing installations and maintenance of aerial telecommunications networks industrial.

The chapter one deals with general information about different types of existent elevators and none existent in the national market as well as its use in the industry, features, parts and labor.

The chapter two shows the calculus, the design, the material selection and the welding of different parts, mechanisms and systems that make up the vertical elevator by tables, diagrams, figures, and international specifications like (AISC). American Institute of Steel Construction and the steel design method by permissible efforts (ASD).

The chapter three covers the entire cost of the acquisition materials and inputs as well as engineering, manufacturing and contingency costs; to establish a comparison between the equipment designed and built with an imported equipment which has similar features.

## INTRODUCCIÓN

Con el diseño y construcción de este elevador vertical manual tipo apilador, se logra satisfacer la necesidad de elevar a un trabajador para realizar las instalaciones y el mantenimiento de redes industriales aéreas de telecomunicaciones para la empresa JYXCEM CIA. LTDA. Así como también para realizar diferentes tipos de trabajo donde se requiera elevar cargas, materiales y herramientas a diferentes alturas, a una altura máxima de elevación de carga de (5000 mm.) medidos desde la base del equipo.

En el diseño estructural se utilizará perfilaría en acero ASTM A-36, materiales de varios tipos, espesores que se comercializan dentro del país bajo normas y estándares debido a sus bajos costos, facilidad de adquisición y buenas propiedades mecánicas

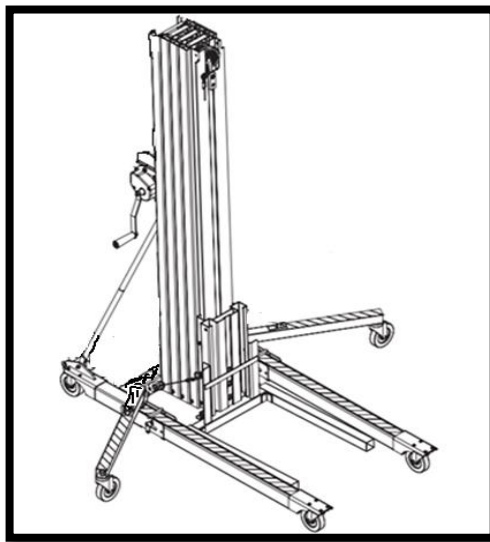
El método que se utilizará para el diseño de los elementos mecánicos será el de tipo A.S.D, cuyas siglas traducidas se refieren al diseño en acero según el método de esfuerzos permisibles en el cual todos los miembros a tensión y compresión tienen conexiones de pernos, remaches o soldaduras así como también la especificación Internacional del American Institute of Steel Construction (AISC).

# CAPÍTULO 1

## GENERALIDADES

### 1.1 Elevador

Un elevador es un sistema de transporte vertical diseñado para movilizar personas o bienes entre diferentes alturas. Puede ser utilizado ya sea para ascender o descender en un edificio o para llegar a una altura donde se requiera realizar algún tipo de trabajo. Se conforma con partes mecánicas, eléctricas y electrónicas que funcionan conjuntamente para lograr un medio seguro de movilidad. Ver (figura 1.1).



Fuente: <http://www.salvadorescoda.com>

Figura 1.1 Elevador vertical manual

Los elevadores se los utilizan para distintos fines, el uso más común en la industria es el mantenimiento e instalación de diversas áreas tales como: climatización, iluminación, telecomunicaciones, electricidad, inspección, etc.

### 1.2 Tipos de elevadores

Para el desarrollo de este proyecto es necesario recopilar información y características técnicas de los diferentes elevadores existentes en el mercado local e internacional.

## 1.2.1 Clasificación de los elevadores y su funcionamiento

Los elevadores dependiendo de su uso, características de trabajo y especificaciones técnicas se pueden clasificar en los siguientes:

### 1.2.1.1 Elevador unipersonal

Un elevador unipersonal es una plataforma eléctrica, para el uso en interiores como en exteriores es ligera y compacta ideal para acceder a zonas congestionadas. Ver (figura 1.2).

Posee un diseño de estructura de seis ruedas que ofrece una maniobrabilidad excelente, su opción de extensión del pórtico ayuda a posicionar la máquina en teatros y auditorios. Su funcionamiento puede ser con batería o con alimentación de corriente alterna la cual produce la energía para accionar el motor del cabrestante para elevar la carga obteniendo gran versatilidad y seguridad debido a sus cuatro estabilizadores.



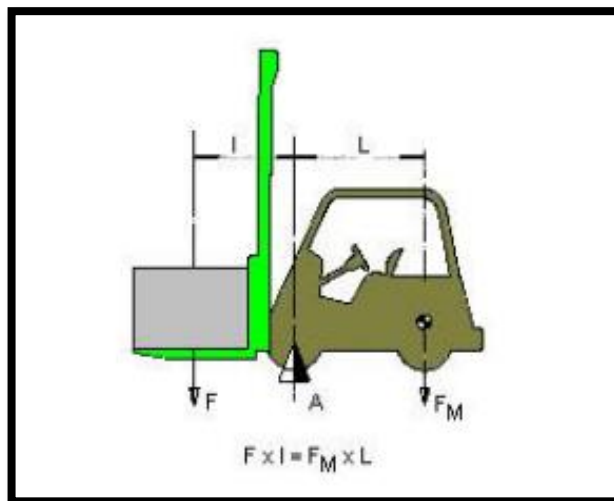
Fuente: <http://www.logismarket.com>

Figura 1.2 Elevador unipersonal

### 1.2.1.2 Carretilla elevadora

La carretilla elevadora es una máquina que obtiene su estabilidad mediante dos barras paralelas planas en su parte frontal, manteniendo la carga dentro de los límites de la base de las ruedas, su accionamiento para elevar las cargas puede ser hidráulica o eléctricamente.

Debido a que la carga debe estar contenida entre las dimensiones de las barras planas, este vehículo no es apropiado para cargas de dimensiones extremadamente anchas, porque se crean mayores esfuerzos sobre las rieles. El largo y espesor de las barras paralelas planas puede variar dependiendo su aplicación. Ver (figura 1.3).



Fuente: <http://www.insht.es>

Figura 1.3 Posición estática de una carretilla elevadora

Donde:

F = Peso de la carga

F<sub>M</sub> = Peso de la máquina y contrapesos

I = Brazo de la palanca

L = Brazo de la palanca del peso de la carretilla

Existen diferentes tipos de carretillas elevadoras como se señala a continuación:

### **1.2.1.3 Carretilla elevadora de mástil vertical**

La carretilla elevadora de mástil vertical consta de una plataforma de trabajo o canastilla acoplada a un mástil de aluminio que se extiende verticalmente, el tipo de accionamiento que posee esta máquina es eléctrico tanto para elevar las cargas como para transportar el equipo.

La canastilla varía en tamaño, altura de elevación y capacidad de carga. Debe transportar con facilidad y seguridad a un trabajador, brindando también comodidad al elevar herramientas. Ver (figura 1.4).



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

Figura 1.4 Carretilla elevadora de mástil vertical

### **1.2.1.4 Carretilla elevadora de pequeña elevación**

Utilizada solo para separar mínimamente la carga del suelo y facilitar el desplazamiento. La carga se recoge del suelo introduciendo debajo de la misma dos barras paralelas planas, llamadas (horquillas) o plataforma la cual mediante un

sistema hidráulico o eléctrico de palancas accionadas mecánicamente se eleva ligeramente la carga del suelo facilitando el transporte. Ideal para trabajos en interiores y recolección de tarimas o palés. Ver (figura 1.5).



Fuente: <http://www.pabnato.files.wordpress.com>

Figura 1.5 Carretilla elevadora de pequeña elevación

#### **1.2.1.5 Carretilla elevadora de voladizo**

Consiste en un cuerpo vertical de apoyo sobre el cual puede girar el brazo voladizo y la cabina de mando, con sus sistemas de controles. Su accionamiento para elevar las cargas es hidráulico ya que se elevan cargas de gran peso, se puede transportar las cargas y la máquina por el accionamiento un motor de combustión interna o eléctrica.

Este equipo es utilizado generalmente en el sector de la construcción para elevar estructuras metálicas, concreto, herramientas grandes, cargas en voladizo así como también en diferentes áreas de las industrias gráficas y de mantenimiento. Ver (figura 1.6).



Fuente: <http://www.wheelloader.es>

Figura 1.6 Carretilla elevadora de voladizo

### **1.2.1.6 Escalera**

Una escalera es una construcción diseñada para comunicar varios espacios situados a diferentes alturas. Está conformada por escalones (peldaños) y puede disponer de varios tramos entre los descansos (mesetas o rellenos).

Pueden ser fijas, transportables y móviles. A la escalera amplia, generalmente artística o monumental se la llama escalinata. La transportable o de mano, elaborada con madera, cuerda o ambos materiales, se la denomina escala. Aquella cuyos peldaños se desplazan mecánicamente se llama escalera mecánica.

La escalera de aluminio extensible es la más usada en aplicaciones industriales; ya que el aluminio es un material muy liviano para ser transportado. Ver (figura 1.7).





Fuente: <http://www.gobantes.cl>

Figura 1.7 Escaleras de aluminio

### **1.2.1.7 Andamio**

El Andamio es una estructura auxiliar o construcción provisional con la que se pueden realizar desde torres hasta pasarelas o puentes. Antiguamente se utilizaba la madera para su realización y aún en algunos países asiáticos se siguen realizando andamios de bambú, pero el metal especialmente el acero y el aluminio, son los materiales utilizados en la actualidad para su fabricación, aunque también existen andamios fabricados con materiales plásticos.

Su uso más habitual es el que utiliza para permitir el acceso de obreros y materiales de construcción a todos los puntos de un edificio en construcción o en proceso de rehabilitación, en obra civil, mantenimiento industrial y construcción naval. Estos se llaman andamios de trabajo.

Las estructuras de andamios pueden tener diversas alturas, pudiendo alcanzar hasta más de veinticinco metros, según la complejidad de su plan de montaje y siguiendo un estudio de resistencia y estabilidad, así como también las instrucciones para su montaje especificadas en un plan de montaje, utilización y desmontaje. Se han realizado montajes con acero que superan los 120 m. de altura. Ver (figura 1.8).



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

Figura 1.8 Andamio

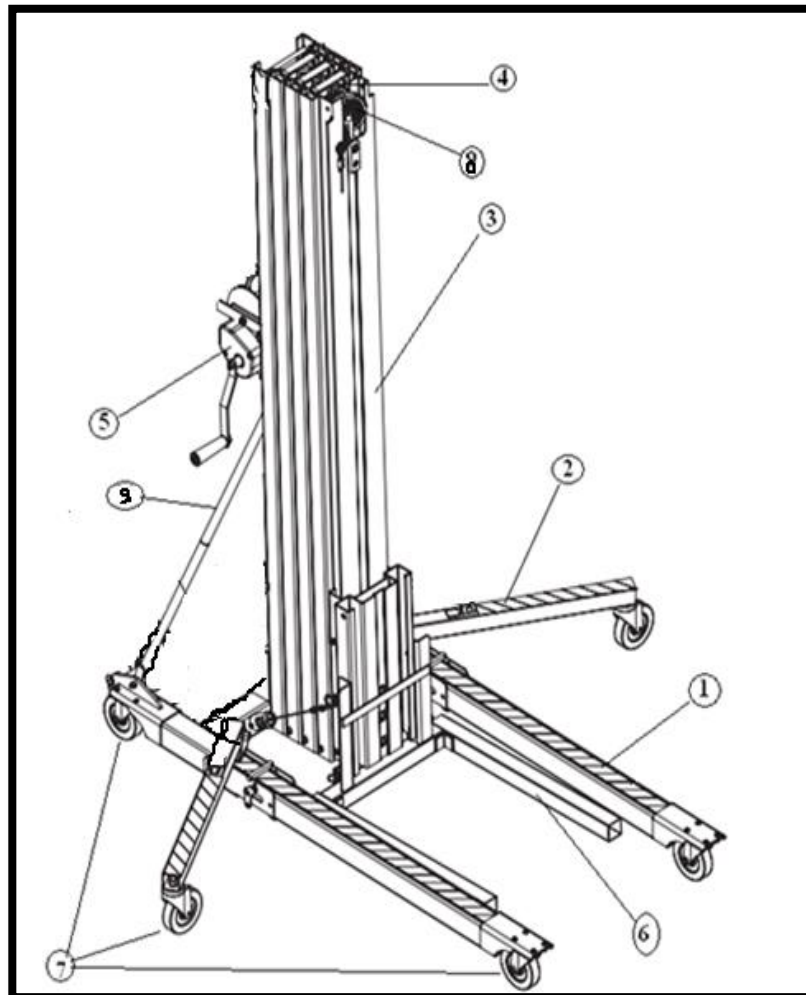
## CAPITULO 2

### DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS MECÁNICOS

#### 2.1 Requisitos generales de diseño

La máquina a diseñar y construir tiene como función elevar verticalmente y manualmente como tipo apilador, cuyo valor de carga máxima a ser elevada sea 300 Kg. (incluido el peso de la canastilla), y la altura máxima sea 5000 mm.

En la (figura 2.1) se puede identificar las partes a ser diseñadas, construidas y seleccionadas.



Elaborado por: Autores

Figura 2.1 Vista general de los elementos a diseñar y seleccionar.

En la (tabla 2.1), se indica la descripción de los elementos indicados anteriormente en la (figura 2.1).

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
1	Base	1 u.
2	Estabilizadores	2 u.
3	Columnas (fija y telescópicas)	1 u.
4	Cable tensor	1 u.
5	Cabrestante	1 u.
6	Horquilla de elevación	1 u.
7	Ruedas de transporte (Garruchas)	6 u.
8	Poleas y cilindros para cable	5 u.
9	Barras tensoras	2 u.

Elaborado por: Autores

Tabla 2.1 Descripción de elementos.

Cabe señalar que existen sistemas adicionales que se describirán, diseñaran y seleccionarán en el transcurso de este capítulo.

### **2.1.1 Materiales a utilizar**

En el diseño estructural se utilizará perfilaría en acero ASTM A-36 y materiales de varios tipos y espesores que se comercializan dentro del país bajo normas estándares debido a sus bajos costos, facilidad de adquisición y buenas propiedades mecánicas.

#### **2.1.1.1 Dimensionamiento**

El dimensionamiento general del elevador será conforme a los parámetros de la altura, carga puntual y a la ergonomía del trabajador a fin de facilitar la manipulación.

## 2.1.2 Método de diseño estructural

El método que se utilizará para el diseño de los elementos mecánicos será el de tipo A.S.D, cuyas siglas traducidas se refieren al diseño mediante esfuerzos permisibles en el cual todos los miembros a tensión tienen conexiones de pernos, remaches o soldaduras, etc.<sup>1</sup>

### 2.1.2.1 Criterios para el diseño

La forma estructural del elevador manual que cumple con las especificaciones requeridas está formada por una estructura metálica en forma de L, de utilización práctica en los transportadores de uso manual que no requiere de contrapeso alguno, cuando la carga a elevarse está situada en el centro de la base.

Se considera que la carga es puntual, estática y localizada en el extremo de las horquillas como caso límite. Además se considera también que el valor total de la carga se distribuye por igual a toda la base.

Para el diseño y selección de los elementos de los distintos sistemas se consideran a partir de la siguiente ecuación:

$$W_t = W_e + W_c + W_{adm} \quad [\text{Ec. 01}]^2$$

Donde:

$W_t$ : Peso total (kg)

$W_e$ : Peso estructural 146 (kg)

$W_c$ : Peso carga 300 (kg)

---

<sup>1</sup> MEDINA, Salvador , Estructuras de Acero, 1<sup>era</sup>. Edición, Editorial Reverte, Barcelona 1984, Pág. 34

<sup>2</sup> MEDINA, Salvador , Op .Cit. Pág. 34.

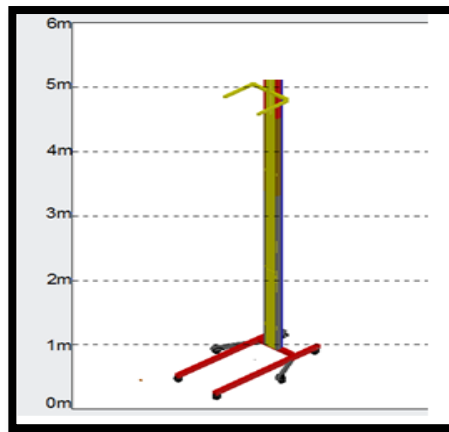
$W_{adm} = \text{Peso permisible } [10\% (W_e+W_c)]^3 \text{ (kg)}$

Resolviendo la Ec. 01 se obtiene:

$$W_t = 146+300+44.6$$

$$W_t = 490.6 \text{ Kg}$$

La altura que debe recorrer el elevador es de 5000 mm, medido desde la base como se indica en la (figura 2.2).



Elaborado por: Autores

Figura 2.2 Altura máxima de recorrido

## 2.2 Factor de seguridad n

Los coeficientes de seguridad se establecen en base al método diferencial, como producto de los coeficientes parciales que reflejan, lo que se detalla a continuación.<sup>4</sup>

La exactitud de la determinación de las cargas y tensiones especificadas, coeficiente  $n_1 = 1.0$  a  $1.5$ . Es difícil proporcionar un conjunto de guías para elegir  $n_1$  pero una buena referencia se tiene al conocer el origen de la carga (actividad humana, fenómenos naturales).

<sup>3</sup> MEDINA, Salvador , Op .Cit. Pág. 34.

<sup>4</sup> SHIGLEY, Diseño de Ingeniería Macánica, 4ta. Edición, Editorial Reverte, México. Pág. 11-14

Por la homogeneidad de las propiedades mecánicas de los materiales de acero, coeficiente  $n_2 = 1.2$  a  $1.5$ .

Las exigencias específicas de seguridad de trabajo, coeficientes  $n_3 = 1.0$  a  $1.5$ . Para aplicaciones similares al dispositivo se trabaja con un factor de seguridad estándar de  $n_2 = 1.2$

El coeficiente global de seguridad se indica en la siguiente ecuación.

$$n = n_1 * n_2 * n_3 \quad [\text{Ec.02}]$$

Dónde:

$$n_1 = 1.3$$

$$n_2 = 1.28$$

$$n_1 * n_2 = 1.67 \text{ (valor teórico Bresler}^5\text{)}$$

$$n_3 = 1.2 \text{ (Reshetov}^6\text{)}$$

Resolviendo:

$$n = 1.67 * 1.2$$

$$n = 2$$

Para el diseño de los elementos del dispositivo, se toma como consideración un factor de seguridad promedio  $n = 2$ , de esta manera se asegura que no ocurran fallas durante el funcionamiento normal del sistema para precautelar la integridad de los operarios.

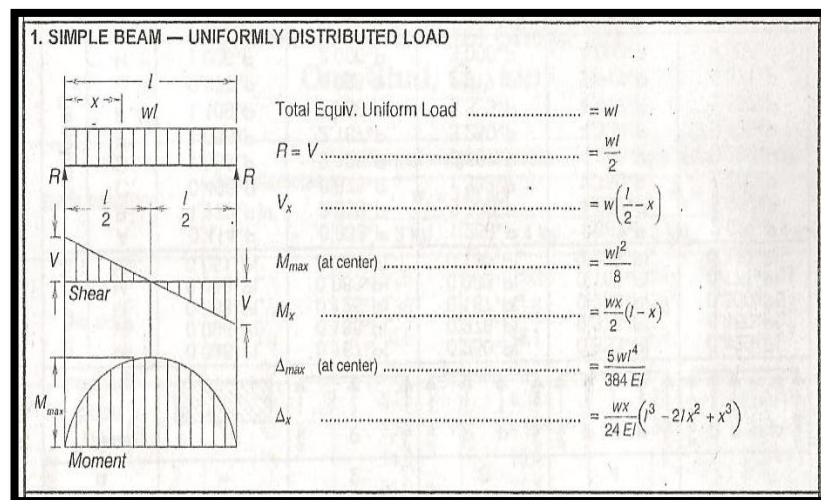
---

<sup>5</sup> BRESLER, B, *Diseño de Estructuras de Acero*, 1<sup>era</sup>.Ed .Limusa, 1970 . Pág. 43

<sup>6</sup> RESHETOV, *Elementos de Máquinas* , 1<sup>era</sup>.Ed,URSS, Vnesshtogst, 1981 . Pág. 18

## 2.3 Diseño de la base

El diseño de la base se realizará a continuación mediante la formulación y comportamiento que tiene una viga simple con carga distribuida uniformemente y apoyos móviles referencia (figura 2.3), con esto se logrará determinar el módulo de sección que se necesita para determinar el perfil adecuado para la construcción del elemento 1. Ver (figura 2.4).



Fuente: Manual AISC<sup>7</sup>

Figura 2.3 Viga simple – carga distribuida uniformemente

Para escoger el perfil de la base amerita determinar los siguientes parámetros.

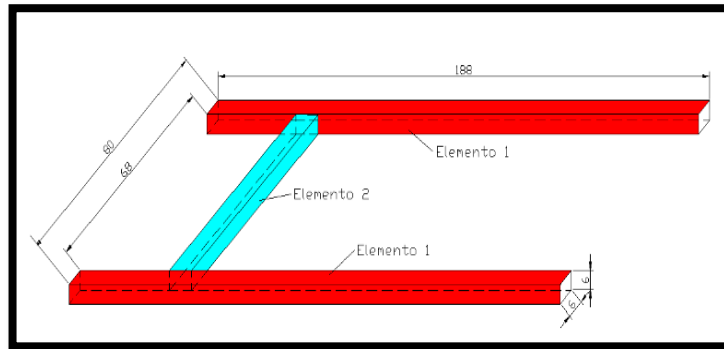
- Ubicar la carga distribuida en el marco metálico que soportará el elevador.
- Calcular el esfuerzo admisible a flexión, momento máximo y el módulo de sección.
- Seleccionar el perfil de la base más adecuado.

<sup>7</sup> AISC, *Manual of steel construcción*, XIII edición, 1994, pág. 3-211



### 2.3.1 Ubicación de la carga distribuida

En la (figura 2.4) se indica el área de carga y cómo está conformado el marco metálico de la base.



Elaborado por: Autores

Figura 2.4 Área donde actúa la carga distribuida [cm]

La carga está distribuida en toda el área indicada con reacciones en los extremos móviles.

### 2.3.2 Ecuaciones para el cálculo del peso lineal

$$WA = \frac{WT}{AT} \quad [\text{Ec.03}]$$

Donde:

$$WA = \text{Peso por área} \quad [\text{Kgf/cm}^2]$$

$$WT = \text{Peso total} \quad [\text{Kgf}]$$

$$AT = \text{Área total} \quad [\text{cm}^2]$$

$$AT = b * h \quad [\text{Ec.04}]$$

Donde:

$$AT = \text{Área total} \quad [\text{cm}^2]$$

b = Base [cm] (largo de la estructura), ver (figura 2.4)

h = Altura [cm] (ancho de la estructura), ver (figura 2.4)

$$Wl = WA * h \quad [\text{Ec.05}]$$

Donde:

$$Wl = \text{Peso lineal} \quad [\text{Kgf/cm}]$$

$$WA = \text{Peso por área} \quad [\text{Kgf/cm}^2]$$

h = Altura [cm] (ancho de la estructura), ver (figura 2.4)

Datos:

$$b = 188 \text{ cm}$$

$$h = 80 \text{ cm}$$

$$WT = 490.6 \text{Kgf}$$

Reemplazando valores en [Ec.04] se obtiene:

$$AT = 188 \text{ cm} * 80 \text{ cm}$$

$$AT = 15040 \text{ cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.03] se obtiene:

$$WA = \frac{490.6 \text{ Kgf}}{15040 \text{ cm}^2}$$

$$WA = 0.032 \text{ Kgf/cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.05] se obtiene:

$$Wl = 0.032 \text{Kgf / cm}^2 * 80 \text{ cm}$$

$$Wl = 2.56 \text{ Kgf / cm}$$

El valor del peso lineal (Wl) calculado se aplicará en las ecuaciones de una viga simplemente apoyada. Ver (figura 2.3), Viga simple – carga distribuida uniformemente del manual AISC.<sup>8</sup>

En la (figura 2.4), se representa el diagrama correspondiente a los elementos estructurales de la base cuyo diseño se centra en el elemento crítico que en este caso es el elemento 1.

### 2.3.3 Selección del perfil

Para la selección del perfil del elemento 1 y elemento 2 de la base se tomará en cuenta el parámetro ya calculado del peso lineal y las ecuaciones señaladas a continuación. Los cálculos que se plantearán y resolverán a continuación son de:

Esfuerzo admisible a flexión, esfuerzo admisible del material y el módulo de sección.

### 2.3.4 Ecuaciones para el cálculo de selección del perfil

$$Fb = \frac{M_{\text{máx}}}{S_y} \quad [\text{Ec.06}]^9$$

---

<sup>8</sup> Manual AISC, Op. Cit. Pág. 3-211

<sup>9</sup> Jack C. McCormac, Diseño de Estructuras Matálicas, 4ª. Edición, Alfaomega grupo editor, México, 1999,pág 181

Donde:

$F_b$  = Esfuerzo admisible a flexión [Kg / cm<sup>2</sup>]

$M_{\text{máx}}$  = Momento máximo [Kgf \* cm]

$S_y$  = Módulo de sección [cm<sup>3</sup>]

$$F_b = 0.4 * F_y \quad [\text{Ec.07}]^{10}$$

Donde:

$F_b$  = Esfuerzo admisible a flexión [Kgf / cm<sup>2</sup>]

$F_y$  = Esfuerzo admisible del material [Kgf / cm<sup>2</sup>]

0.4 = Constante de la fórmula

$$M_{\text{máx}} = \frac{Wl * l^2}{8} \quad [\text{Ec.08}]^{11}$$

Donde:

$M_{\text{máx}}$  = Momento máximo [Kgf \* cm]

$Wl$  = Peso lineal [Kgf / cm]

$l$  = Longitud del elemento a diseñar [cm]

$$S_y = \frac{M_{\text{máx}}}{F_b} \quad [\text{Ec.09}]$$

---

<sup>10</sup> Jack C. McCormac, Op. Cit. Pág 216

<sup>11</sup> Manual AISC. Op. Cit. Pág. 3-211

Donde:

$S_y$  = Módulo de sección  $[\text{cm}^3]$

$M_{\text{máx}}$  = Momento máximo  $[\text{Kgf} * \text{cm}]$

$F_b$  = Esfuerzo admisible a flexión  $[\text{Kgf} / \text{cm}^2]$

### **2.3.5 Cálculo del módulo de sección**

Datos:

$F_y$  del acero A 36 = 36 Kpsi. Ver (tabla 2.2).

**Table 2-3  
Applicable ASTM Specifications  
for Various Structural Shapes**

Steel Type	ASTM Designation	$F_y$ Min. Yield Stress (ksi)	$F_u$ Tensile Stress <sup>a</sup> (ksi)	Applicable Shape Series											
				W	M	S	HP	C	MC	L	HSS		Pipe		
											Rect.	Round			
Carbon	A36	36	58-80 <sup>b</sup>												
	A53 Gr. B	35	60												
	A500	Gr. B	42	58											
			46	58											
		Gr. C	46	62											
			50	62											
	A501	36	58												
	A529 <sup>c</sup>	Gr. 50	50	65-100											
		Gr. 55	55	70-100											
	High-Strength Low-Alloy	A572	Gr. 42	42	60										
Gr. 50			50	65 <sup>d</sup>											
Gr. 55			55	70											
Gr. 60 <sup>e</sup>			60	75											
Gr. 65 <sup>e</sup>			65	80											
A618 <sup>f</sup>		Gr. I & II	50 <sup>g</sup>	70 <sup>g</sup>											
	Gr. III	50	65												
A913	50	50 <sup>h</sup>	60 <sup>h</sup>												
	60	60	75												
	65	65	80												
	70	70	90												
A992	50-65 <sup>i</sup>	65 <sup>i</sup>													
Corrosion Resistant High-Strength Low-Alloy	A242	42 <sup>j</sup>	63 <sup>j</sup>												
		46 <sup>k</sup>	67 <sup>k</sup>												
		50 <sup>l</sup>	70 <sup>l</sup>												
	A588	50	70												
A847	50	70													

= Preferred material specification.  
 = Other applicable material specification, the availability of which should be confirmed prior to specification.  
 = Material specification does not apply.

<sup>a</sup> Minimum unless a range is shown.  
<sup>b</sup> For shapes over 426 lb/ft, only the minimum of 58 ksi applies.  
<sup>c</sup> For shapes with a flange thickness less than or equal to 1 1/2 in. only. To improve weldability a maximum carbon equivalent can be specified (per ASTM Supplementary Requirement S78). If desired, maximum tensile stress of 90 ksi can be specified (per ASTM Supplementary Requirement S79).  
<sup>d</sup> If desired, maximum tensile stress of 70 ksi can be specified (per ASTM Supplementary Requirement S91).  
<sup>e</sup> For shapes with a flange thickness less than or equal to 2 in. only.  
<sup>f</sup> ASTM A618 can also be specified as corrosion-resistant; see ASTM A618.  
<sup>g</sup> Minimum applies for walls nominally 3/4-in. thick and under. For wall thicknesses over 3/4 in.,  $F_y = 46$  ksi and  $F_u = 67$  ksi.  
<sup>h</sup> If desired, maximum yield stress of 65 ksi and maximum yield-to-tensile strength ratio of 0.85 can be specified (per ASTM Supplementary Requirement S75).  
<sup>i</sup> A maximum yield-to-tensile strength ratio of 0.85 and carbon equivalent formula are included as mandatory in ASTM A992.  
<sup>j</sup> For shapes with a flange thickness greater than 2 in. only.  
<sup>k</sup> For shapes with a flange thickness greater than 1 1/2 in. and less than or equal to 2 in. only.  
<sup>l</sup> For shapes with a flange thickness less than or equal to 1 1/2 in. only.

Fuente: Manual AISC<sup>12</sup>

Tabla 2.2 Especificaciones ASTM para perfiles estructurales

<sup>12</sup> Manual AISC. Op. Cit. Pag. 2-39

$$Wl = 2.56 \text{ Kgf / cm}$$

$$l = 188 \text{ cm}$$

Transformando las unidades del acero A 36 de 36 (Kpsi) a (Kgf / cm<sup>2</sup>) se tiene:

$$Fy = 2536.36 \text{ Kgf / cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.07] se obtiene:

$$Fb = 0.4 * 2536.36 \text{ Kgf / cm}^2$$

$$Fb = 1014.54 \text{ Kgf / cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.08] se obtiene:

$$M_{\text{máx}} = \frac{2.56 \text{ Kgf/cm} * (188)^2 \text{ cm}^2}{8}$$

$$M_{\text{máx}} = 11310.08 \text{ Kgf * cm}$$

Reemplazando valores en [Ec.09] se obtiene:

$$Sy = \frac{11310.08 \text{ Kgf * cm}}{1014.54 \text{ Kgf/cm}^2}$$

$$Sy = 11.14 \text{ cm}^3$$

### **2.3.5.1 Cálculo del factor de seguridad teórico y real (elemento 1)**

El factor de seguridad para el caso del método que se utilizará para el diseño de los elementos mecánicos será el de tipo A.S.D, cuyas siglas traducidas se refieren al diseño mediante esfuerzos permisibles y se calcula como sigue:

$$nt = \frac{Fy}{Fb} \quad [\text{Ec.10}]^{13}$$

Donde:

$nt$  = Factor de seguridad teórico

$Fy$  = Esfuerzo admisible del material [Kgf / cm<sup>2</sup>]

$Fb$  = Esfuerzo admisible a flexión [Kgf / cm<sup>2</sup>]

Datos:

$$Fy = 2536.36 \text{ Kgf / cm}^2$$

$$Fb = 1014.54 \text{ Kgf / cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.10] se obtiene:

$$nt = \frac{2536.36 \text{ Kgf/cm}^2}{1014.54 \text{ Kgf / cm}^2}$$

$$nt = 2.5$$

Una vez calculado el módulo de sección ( $Sy$ ) se determina el perfil, referencia (anexo 1). Tubo estructural cuadrado de IPAC.

Con el valor de  $Sy = 11.14 \text{ cm}^3$  y referencia (anexo 1) el tubo estructural que se seleccionará para la construcción de la base, elemento 1 del equipo será de **60 x 3 mm**, según norma ASTM A-569 y norma interna de fabricación de (IPAC), con un valor de módulo de sección  $Sy = 11.69 \text{ cm}^3$ .

---

<sup>13</sup> SHIGLEY, Joseph y MISCHKE, Charles, Diseño en Ingeniería Mecánica, 5ta. Edición, Interamericana editores, México 1990, pág. 14



Con el módulo de sección real del tubo estructural se calcula el factor de seguridad real y se compara con el factor de seguridad teórico ya calculado y se verifica si la selección del elemento se encuentra en los parámetros correctos de seguridad.

$$S_y = \frac{M_{\text{máx}}}{F_b} \quad [\text{Ec.09}]$$

Despejando  $F_b$  en la [Ec.09] se tiene:

$$F_b = \frac{M_{\text{máx}}}{S_y} \quad [\text{Ec.11}]$$

Datos:

$$M_{\text{máx}} = 11310.08 \text{ Kgf} \cdot \text{cm}$$

$$S_y (\text{real}) = 11.69 \text{ cm}^3$$

Reemplazando valores en [Ec.11] se obtiene:

$$F_b = \frac{11310.08 \text{ Kgf} \cdot \text{cm}}{11.69 \text{ cm}^3}$$

$$F_b = 967.5 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

Una vez calculado el esfuerzo admisible a flexión  $F_b$  y reemplazando valores en [Ec.12] se obtiene:

$$n_r = \frac{F_y}{F_b} \quad [\text{Ec.12}]$$

Donde:

$n_r$  = Factor de seguridad real

$F_y$  = Esfuerzo admisible del material [Kgf / cm<sup>2</sup>]

$F_b = \text{Esfuerzo admisible a flexión real} \quad [\text{Kgf} / \text{cm}^2]$

Datos:

$$F_y = 2536.36 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

$$F_b = 967.5 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.12] se obtiene:

$$n_r = \frac{2536.36 \text{ Kgf/cm}^2}{967.5 \text{ Kgf/cm}^2}$$

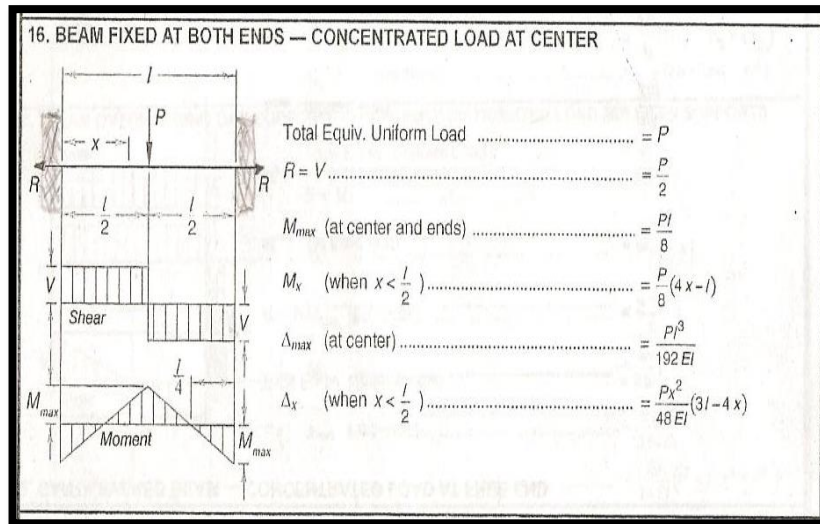
$$n_r = 2.62$$

$$n_r = 2.62 \approx n_t = 2.5 \approx n_{\text{considerado}} = 2 \text{ Ver (página 14).}$$

Con este valor de factor de seguridad  $n = 2$  se concluye que el diseño del elemento 1 está en los parámetros correctos de seguridad.

#### **2.4 Diseño y selección del (elemento 2) de la base**

Para el diseño del elemento 2 de la base ver (figura 2.4), se utilizará las ecuaciones anteriores del método ASD y viga simple empotrada en los extremos y carga concentrada en el centro. Ver (figura 2.5).



Fuente: Manual AISC<sup>14</sup>

Figura 2.5 Viga simple empotrada en los extremos – carga concentrada en el centro

Una vez establecidos los parámetros y fuentes de diseño se continúa con el cálculo.

$$M \text{ máx} = \frac{P \cdot l}{8} \quad [\text{Ec.13}]^{15}$$

Donde:

$P$  = Carga concentrada en el centro [Kgf] (carga máxima a ser elevada).

$l$  = Longitud (elemento 1) [cm]

Datos:

$P = 300 \text{ Kgf}$

$l = 68 \text{ cm}$

Reemplazando valores en [Ec.13] se obtiene:

<sup>14</sup> Manual AISC. Op. Cit. Pag. 2-16

<sup>15</sup> Manual AISC. Op. Cit. Pag. 2-16

$$M \text{ máx} = \frac{300 \text{ kgf} * 68 \text{ cm}}{8}$$

$$M \text{ máx} = 2550 \text{ kgf} * \text{cm}$$

$$S_y = \frac{M_{\text{máx}}}{F_b} \quad [\text{Ec.09}]$$

Donde:

$$S_y = \text{Módulo de sección} \quad [\text{cm}^3]$$

$$M_{\text{máx}} = \text{Momento máximo} \quad [\text{Kgf} * \text{cm}]$$

$$F_b = \text{Esfuerzo admisible a flexión del material A36} \quad [\text{Kgf} / \text{cm}^2]$$

Datos:

$$M \text{ máx} = 2550 \text{ Kgf} * \text{cm}$$

$$F_b = 1014.54 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.09] se obtiene:

$$S_y = \frac{2550 \text{ Kgf} * \text{cm}}{1014.54 \text{ Kgf/cm}^2}$$

$$S_y = 2.51 \text{ cm}^3$$

Una vez calculado el módulo de sección  $S_y$ , se determina el perfil referencia (anexo 1). Tubo estructural cuadrado de IPAC.

Con el valor de  $S_y = 2.51 \text{ cm}^3$  y referencia (anexo 1) el tubo estructural que se seleccionara para la construcción de la base, elemento 2 del equipo es de **40 x 1.5 mm**, con un valor de módulo de sección  $S_y = 2.74 \text{ cm}^3$ . Pero por cuestión

de estética, facilidad de montaje y no adquisición de otro tubo estructural se utilizará el mismo tubo estructural cuadrado que se seleccionó para el elemento 1 de la base cuyas medidas son: **60 x 3 mm**, con un valor de módulo de sección  **$S_y = 11.69 \text{ cm}^3$** .

#### **2.4.1 Cálculo del factor de seguridad teórico y real (elemento 2)**

El factor de seguridad para el caso del método que se utilizará para el diseño de los elementos mecánicos será el de tipo A.S.D, cuyas siglas traducidas se refieren al diseño mediante esfuerzos permisibles y se calcula como sigue:

$$n_t = \frac{F_y}{F_b} \quad [\text{Ec.10}]$$

Donde:

$n_t$  = Factor de seguridad teórico

$F_y$  = Esfuerzo admisible del material [Kgf / cm<sup>2</sup>]

$F_b$  = Esfuerzo admisible a flexión [Kgf / cm<sup>2</sup>]

Datos:

$F_y = 2536.36 \text{ Kgf / cm}^2$

$F_b = 1014.54 \text{ Kgf / cm}^2$

Reemplazando valores en [Ec.10] se obtiene:

$$n_t = \frac{2536.36 \text{ Kgf/cm}^2}{1014.54 \text{ Kgf/cm}^2}$$

$$n_t = 2.5$$

Con el módulo de sección real del tubo estructural se calcula el factor de seguridad real y se compara con el factor de seguridad teórico ya calculado y se verifica si la selección del elemento se encuentra en los parámetros correctos de seguridad.

$$S_y = \frac{M_{\text{máx}}}{F_b} \quad [\text{Ec.09}]$$

Despejando  $F_b$  en la [Ec.09] se tiene:

$$F_b = \frac{M_{\text{máx}}}{S_y} \quad [\text{Ec.11}]$$

Datos:

$$M_{\text{máx}} = 2550 \text{ Kgf} * \text{cm}$$

$$S_y (\text{real}) = 11.69 \text{ cm}^3$$

Reemplazando valores en [Ec.11] se obtiene:

$$F_b = \frac{2550 \text{ Kgf} * \text{cm}}{11.69 \text{ cm}^3}$$

$$F_b = 218.13 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

Una vez calculado el esfuerzo admisible a flexión  $F_b$  y reemplazando valores en:

$$n_r = \frac{F_y}{F_b} \quad [\text{Ec.12}]$$

Donde:

$n_r$  = Factor de seguridad real

$F_y$  = Esfuerzo admisible del material [Kgf / cm<sup>2</sup>]

$F_b = \text{Esfuerzo admisible a flexión real} \quad [\text{Kgf} / \text{cm}^2]$

Datos:

$$F_y = 2536.36 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

$$F_b = 218.13 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.12] se obtiene:

$$n_r = \frac{2536.36 \text{ Kgf/cm}^2}{218.13 \text{ Kgf/cm}^2}$$

$$n_r = 11.6$$

$$n_r = 11.6 > n_t = 2.5 \quad n \text{ considerado} = 2 \text{ ver (página 14).}$$

Este valor de factor de seguridad de 11.6 indica que está sobredimensionado el elemento 2, pero esto se lo hace debido a razones de estética, montaje y optimización del material al utilizar el mismo tipo del utilizado para el elemento 1.

## 2.5 Selección de ruedas de transporte (garruchas) para la base

Para el caso de la base se escoge dos ruedas de transporte giratorias y dos fijas. Esto se lo hace en función de la fuerza cortante generada a partir del peso de la estructura del equipo más la capacidad de carga, según [Ec. 01]. Y el catálogo de selección de los fabricantes de ruedas según la carga que soportan o pueden soportar estas.

$$R = V = \frac{Wl * l}{2} \quad [\text{Ec.14}]^{16}$$

Ver (figura 2.3) Viga simple – carga distribuida uniformemente.

---

<sup>16</sup> Manual AISC. Op. Cit. Pag. 3-211

Donde:

$R = V =$  Fuerza cortante ver (figura 2.3), diagrama fuerza cortante (V) y momento flexionante (M)) [Kgf]

$Wl =$  Peso lineal [Kgf / cm]

$l =$  Longitud del elemento 1 [cm]

Datos:

$Wl = 2.56$  Kgf / cm

$l = 188$  cm

Reemplazando valores en [Ec.14] se obtiene:

$$R = V = \frac{2.56 \text{ Kgf/cm} * 188 \text{ cm}}{2}$$

$R = V = 240.64$  Kgf

Entonces la capacidad de carga por rueda C. es:

$C = 240.64$  Kgf

Calculada la capacidad de carga por rueda 240.64 kgf. Se selecciona la que posea una capacidad mayor a este valor.

La rueda seleccionada es del tipo:

Ruedas y soportes para transporte industrial, para una carga de 800 Kg, referencia (anexo 2).



### 2.5.1 Cálculo del factor de seguridad de las ruedas de transporte (garruchas) de la base

$$n = \frac{C_r}{C_t} \quad [\text{Ec.15}]$$

Donde:

$n$  = Factor de seguridad

$C_r$  = Capacidad de carga real de las ruedas [Kgf]

$C_t$  = Capacidad de carga teórica de las ruedas [Kgf]

Datos:

$C_r = 800 \text{ Kgf}$

$C_c = 240.64 \text{ Kgf}$

Reemplazando valores en [Ec.15] se obtiene:

$$n = \frac{800 \text{ Kgf}}{240.64 \text{ Kgf}}$$

$$n = 3.32$$

$n = 3.32 > n \text{ considerado} = 2$  ver (página 14).

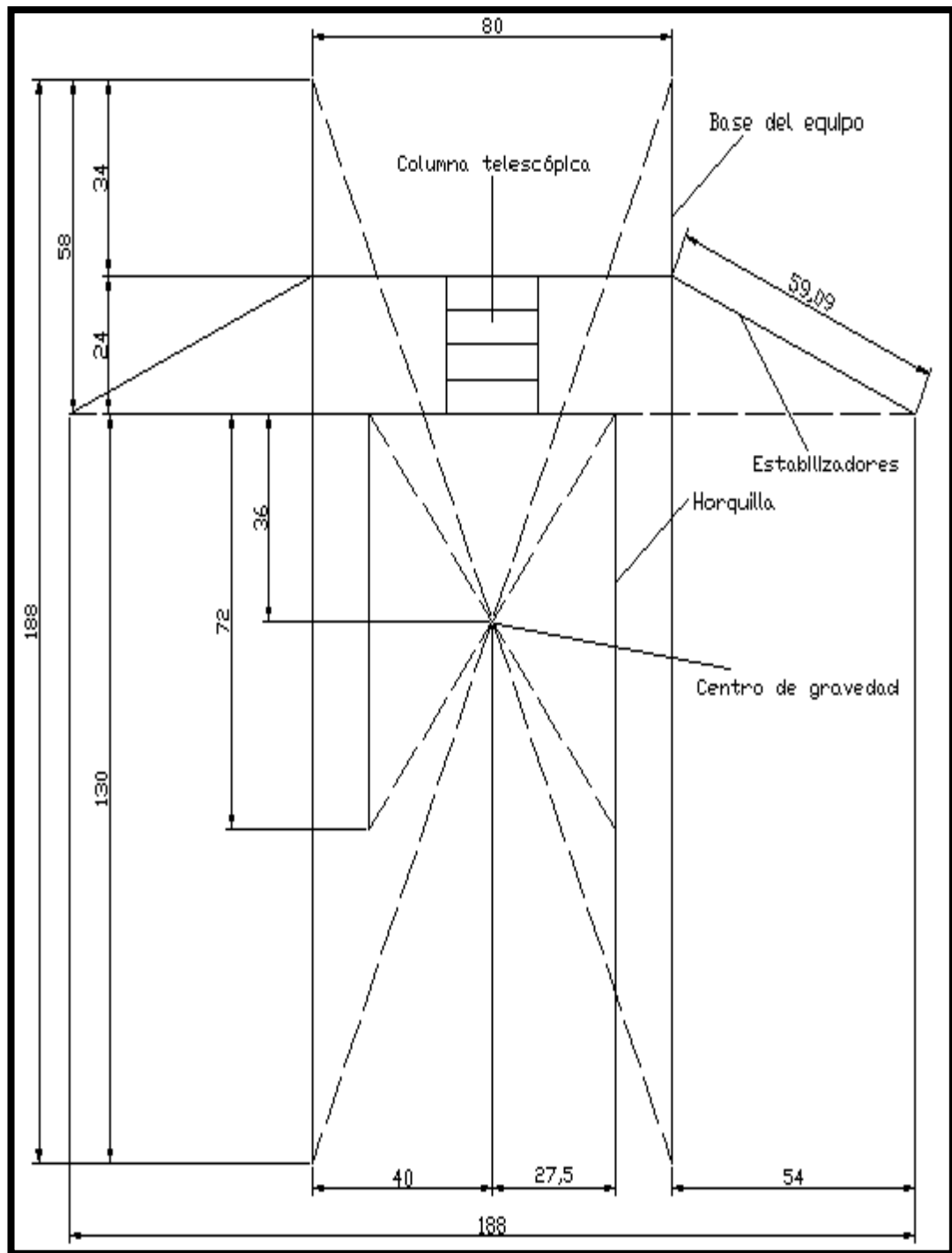
## **2.6 Diseño de estabilizadores**

El acoplamiento de estas extensiones es brindar estabilidad al equipo, especialmente cuando la carga máxima, sea elevada a la altura máxima de 5000 mm.

El caso crítico que experimentarían los estabilizadores sería cuando la carga máxima se ubicará en el extremo derecho o izquierdo de la horquilla cuando la máquina se encuentra totalmente desplegada, en la base se encuentran acoplados los dos estabilizadores uno a cada lado, estos actúan simultáneamente evitando el momento de volteo.

Para el diseño se utilizará el método ASD y de fuerzas estáticas, se comienza realizando un diagrama donde se indica las medidas de los diferentes elementos constitutivos del equipo así como también su centro de gravedad y distancias como se indica en la (figura 2.6).

El dimensionamiento del equipo se realizó tomando en cuenta las medidas de los accesos a centros comerciales y a la maniobrabilidad del equipo en accesos peatonales.

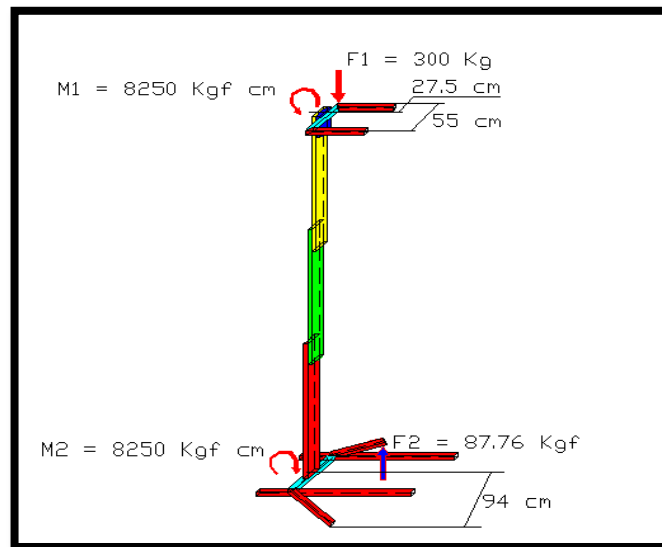


Elaborado por: Autores

Figura 2.6 Diagrama de medidas de la base, horquilla, estabilizadores y centro de gravedad del equipo [cm]

Una vez establecidas las distancias donde se encuentra la fuerza  $F_1$ , que es la carga crítica en el extremo derecho o izquierdo, así como también el momento generado por esta fuerza se realiza el diagrama de cuerpo libre del equipo ver (figura 2.7), para

obtener la fuerza resultante en el extremo de los estabilizadores para seguir con su diseño, selección del perfil y ruedas de transporte (garruchas) a seleccionar.



Elaborado por: Autores

Figura 2.7 Diagrama de cuerpo libre [cm]

$$M1 = F1 * d \quad [\text{Ec.16}]$$

Donde:

$M1$  = Momento generado en la base de la horquilla por la carga de 300 [Kgf / cm]

$F1$  = Fuerza de 300 (carga máxima elevada a 5000 mm.) [Kgf]

$d$  = Distancia donde se encuentra ubicada la carga en la horquilla [cm]

Datos:

$F = 300 \text{ Kgf.}$

$d = 27.5 \text{ cm.}$

Reemplazando valores en [Ec.16] se obtiene:

$$M1 = 300 \text{ Kgf} * 27.5 \text{ cm}$$

$$M1 = 8250 \text{ Kgf} * \text{cm}$$

M1 = M2 = 8250 Kgf, pero en sentido contrario ya que se necesita que el equipo se encuentre en equilibrio debido a la carga de 300 Kgf y así se anule el volteo cuando este elevada la carga a la altura máxima de 5000 mm.

$$M2 = F2 * d \quad [\text{Ec.17}]$$

Despejando F2 en la [Ec.17] se tiene:

$$F2 = \frac{M2}{d} \quad [\text{Ec.18}]$$

Donde:

F2 = Fuerza de reacción generada por el momento de reacción M2 [Kgf]

M2 = Momento de reacción [Kgf\* cm]

d = Distancia donde se encuentra ubicada la carga de reacción F2 [cm]

Datos:

$$M2 = 8250 \text{ Kgf} * \text{cm}$$

$$d = 94 \text{ cm}$$

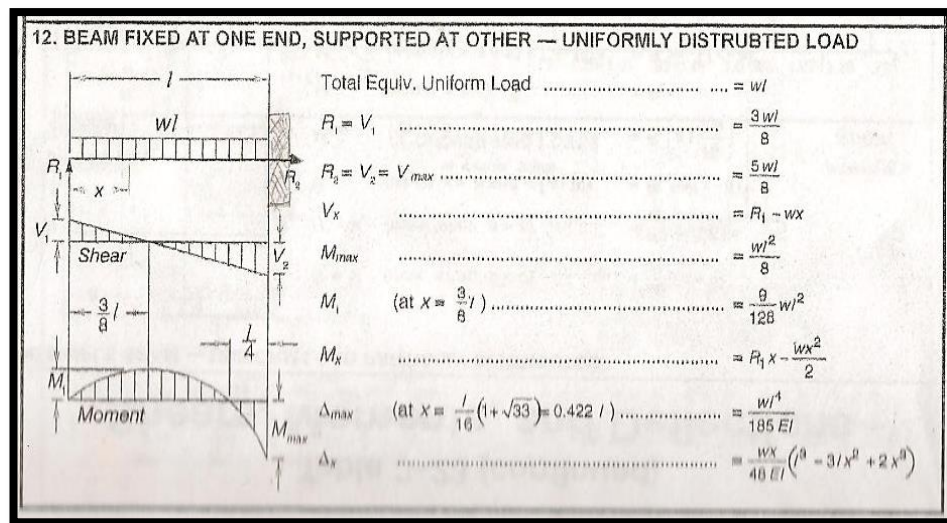
Reemplazando valores en [Ec.18] se obtiene:

$$F2 = \frac{8250 \text{ Kgf} * \text{cm}}{94 \text{ cm}}$$

$$F2 = 87.76 \text{ Kgf}$$

Con este valor de carga se seleccionan las ruedas de transporte (garruchas), de los estabilizadores.

Obtenido el valor de la fuerza de reacción en el apoyo móvil de los estabilizadores y los parámetros del manual de la AISC ver (figura 2.8), se calcula el peso lineal debido a la carga crítica de 300 Kgf y su módulo de sección como se detalla a continuación para la selección del perfil adecuado.



Fuente: Manual AISC<sup>17</sup>

Figura 2.8 Viga simple – carga distribuida uniformemente, empotrada en un extremo y apoyo móvil en el otro.

$$R_1 = V_1 = \frac{3wl * 1}{8} \quad [Ec.19]^{18}$$

Despejando  $wl$  en la [Ec.19] se tiene:

$$wl = \frac{R_1 * 8}{3 * 1} \quad [Ec.20]$$

Donde:

<sup>17</sup> Manual AISC. Op. Cit. Pág. 3-214

<sup>18</sup> Manual AISC. Op. Cit. Pág. 3-214

$W l = \text{Peso lineal} \quad [\text{Kgf/cm}]$

$R1 = \text{Reacción del estabilizador en el apoyo móvil} \quad [\text{Kgf}]$

$l = \text{Longitud del estabilizador} \quad [\text{cm}]$

Datos:

$R1 = 87.76 \text{ Kgf}$

$l = 59.09 \text{ cm}$

Reemplazando valores en [Ec.20] se obtiene:

$$w_l = \frac{87.76 \text{ Kgf} * 8}{3 * 59.09 \text{ cm}}$$

$w_l = 3.96 \text{ Kgf / cm}$

$$\mathbf{F_b = 0.4 * F_y} \quad [\text{Ec.07}]$$

Donde:

$F_b = \text{Esfuerzo admisible a flexión} \quad [\text{Kgf / cm}^2]$

$F_y = \text{Esfuerzo admisible del material} \quad [\text{Kpsi}]$

0.4 = Constante de la fórmula

Transformando las unidades del acero A 36 de 36 (Kpsi) a ( $\text{Kg/cm}^2$ ) se tiene:

$F_y = 2536.36 \text{ Kgf / cm}^2$

Reemplazando valores en [Ec.07] se obtiene:

$$F_b = 0.4 * 2536.36 \text{ Kgf / cm}^2$$

$$F_b = 1014.54 \text{ Kgf / cm}^2$$

$$M_{\text{máx}} = \frac{Wl * l^2}{8} \quad [\text{Ec.21}]^{19}$$

Donde:

$M_{\text{máx}}$  = Momento máximo [Kgf \* cm]

$Wl$  = Peso lineal [Kgf / cm]

$l$  = Longitud del estabilizador [cm]

Reemplazando valores en [Ec.21] se obtiene:

$$M_{\text{máx}} = \frac{3.96 \text{ Kgf/cm} * (59.09)^2 \text{ cm}^2}{8}$$

$$M_{\text{máx}} = 1728.35 \text{ Kgf * cm}$$

$$S_y = \frac{M_{\text{máx}}}{F_b} \quad [\text{Ec.09}]$$

Donde:

$S_y$  = Módulo de sección [cm<sup>3</sup>]

$M_{\text{máx}}$  = Momento máximo [Kgf \* cm]

---

<sup>19</sup> Manual AISC. Op. Cit. Pág. 3-214



$F_b$  = Esfuerzo admisible a flexión [ Kg / cm<sup>2</sup>]

Reemplazando valores en [Ec.09] se obtiene:

$$S_y = \frac{1728.35 \text{ Kgf} \cdot \text{cm}}{1014.54 \text{ Kgf/cm}^2}$$

$$S_y = 1.70 \text{ cm}^3$$

### 2.6.1 Cálculo del factor de seguridad teórico y real (estabilizadores)

El factor de seguridad para el caso del método que se utilizará para el diseño de los elementos mecánicos será el de tipo A.S.D, cuyas siglas traducidas se refieren al diseño mediante esfuerzos permisibles y se calcula como sigue:

$$n_t = \frac{F_y}{F_b} \quad [\text{Ec.10}]$$

Donde:

$n_t$  = Factor de seguridad teórico

$F_y$  = Esfuerzo admisible del material [Kpsi]

$F_b$  = Esfuerzo admisible a flexión [ Kg / cm<sup>2</sup>]

Datos:

$$F_y = 2536.36 \text{ Kgf / cm}^2$$

$$F_b = 1014.54 \text{ Kgf / cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.10] se obtiene:

$$n = \frac{2536.36 \text{ Kgf/cm}^2}{1014.54 \text{ Kgf/cm}^2}$$

$$n = 2.5 \approx 2$$

Una vez calculado el módulo de sección  $S_y$ , se selecciona el perfil referencia (anexo 1). Tubo estructural cuadrado de IPAC.

Con el valor de  $S_y = 1.70 \text{ cm}^3$  y referencia (anexo 1), el tubo estructural que se seleccionará para la construcción de los estabilizadores del equipo será de **30 x 2 mm**, según norma ASTM A-569 y norma interna de fabricación de (IPAC), con un valor de módulo de sección  $S_y = 1.81 \text{ cm}^3$ .

Con el módulo de sección real del tubo estructural se calcula el factor de seguridad real este valor se compara con el factor de seguridad teórico ya calculado y se verifica si la selección del elemento se encuentra en los parámetros de seguridad.

$$S_y = \frac{M_{\text{máx}}}{F_b} \quad [\text{Ec.09}]$$

Despejando  $F_b$  en la [Ec.09] se tiene:

$$F_b = \frac{M_{\text{máx}}}{S_y} \quad [\text{Ec.11}]$$

Datos:

$$M_{\text{máx}} = 1728.35 \text{ Kgf} * \text{cm}$$

$$S_y (\text{real}) = 1.81 \text{ cm}^3$$

Reemplazando valores en [Ec.11] se obtiene:

$$F_b = \frac{1728.35 \text{ Kgf} * \text{cm}}{1.81 \text{ cm}^3}$$

$$F_b = 954.88 \text{ Kgf/cm}^2$$

Una vez calculado el esfuerzo admisible a flexión  $F_b$  y reemplazando valores en:

$$nr = \frac{F_y}{F_b} \quad [\text{Ec.12}]$$

Donde:

$nr$  = Factor de seguridad real

$F_y$  = Esfuerzo admisible del material [Kgf / cm<sup>2</sup>]

$F_b$  = Esfuerzo admisible a flexión real [Kgf / cm<sup>2</sup>]

Datos:

$$F_y = 2536.36 \text{ Kgf / cm}^2$$

$$F_b = 954.88 \text{ Kgf / cm}^2$$

$$nr = \frac{2536.36 \text{ Kgf/cm}^2}{954.88 \text{ Kgf/cm}^2}$$

$$nr = 2.6$$

$$nr = 2.6 > nt = 2.5 \approx n \text{ considerado} = 2 \text{ ver (página 14).}$$

Con este valor de factor de seguridad se concluye que el diseño en los estabilizadores que es una de las partes importantes del equipo que permitirá que no se produzca el volteo de este, está en los parámetros correctos de seguridad.

## **2.7 Selección de ruedas de transporte (garruchas) para los estabilizadores**

Según valor de carga calculado de **87.76 Kgf** y referencia (anexo 2) se seleccionará una rueda de capacidad de carga de **280 Kgf**.

Existen otro tipo de ruedas de menor capacidad de carga pero se selecciona este tipo de rueda de mayor capacidad por estética del equipo, ya que las ruedas seleccionadas de la base también tienen las mismas características.

### 2.7.1 Cálculo del factor de seguridad de las ruedas de transporte (garruchas) de los estabilizadores

$$n = \frac{C_r}{C_t} \quad [\text{Ec.15}]$$

Donde:

$n$  = Factor de seguridad

$C_r$  = Capacidad de carga real de las ruedas [Kgf]

$C_t$  = Capacidad de carga teórica de las ruedas [Kgf]

Datos:

$C_r = 280 \text{ Kgf}$

$C_c = 87.76 \text{ Kgf}$

Reemplazando valores en [Ec.15] se obtiene:

$$n = \frac{280 \text{ Kgf}}{87.76 \text{ Kgf}}$$

$$n = 3.19$$

$n = 3.19 > n \text{ considerado} = 2$  Ver (página 14).

Con este valor de factor de seguridad de 3.19 se verifica que los parámetros de seguridad son correctos.

## 2.8 Diseño de la columna o mástil

Para el diseño de la columna o mástil del equipo se selecciona un perfil estructural correa **200 x 50 x 25 x 4 mm**, según norma ASTM A-36 cuya norma de fabricación es INEN 1623 referencia (anexo 1) y se comprueba con cálculos para columnas si el perfil es el correcto, así como también para el montaje de los elementos constitutivos de los tramos telescópicos.

(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
$k = 0.5$	$k = 0.7$	$k = 1.0$	$k = 1.0$	$k = 2.0$	$k = 2.0$
$k' = 0.65$	$k' = 0.80$	$k' = 1.2$	$k' = 1.0$	$k' = 2.10$	$k' = 2.0$
$k =$ Valor teórico $k' =$ Valor recomendado para diseño					

Fuente: Jack C. McCormac<sup>20</sup>

Figura 2.9 Valor de K teórico y recomendado para diseño.

Para el diseño de la columna se escoge la opción (f) de la (figura 2.9) y sus valores de K teórico y recomendado para diseño, ya que se tiene un extremo móvil porque la columna es desmontable de la base del equipo y una carga en el otro. Cuyo valor de esbeltez está dado por la [Ec. 22].

$$\lambda = \frac{K * L}{r} \quad [\text{Ec.22}]^{21}$$

La especificación ASD establece que los miembros a compresión deben ser diseñados preferiblemente con relaciones  $KL/r$  que no excedan de 200. Si  $KL/r = 200$

<sup>20</sup> Jack C. McCormac, Op. Cit. Pág 118

<sup>21</sup> Jack C. McCormac, Op. Cit. Pág 118

en un miembro a compresión, su esfuerzo permisible será de 3.73 Klb/plg<sup>2</sup> independientemente de su esfuerzo de fluencia. Si se usan relaciones de esbeltez mayores, los valores del esfuerzo permisible serán muy pequeños y se deberán usar entonces las fórmulas ASD y AASHT<sup>22</sup>.

Donde:

$\lambda$  = Esbeltez

K = Valor recomendado de diseño (factor de longitud efectiva)

L = Longitud de la columna [cm]

r = Radio de giro [cm]

Datos:

K = 2 valor recomendado de diseño ver (figura 2.9)

L = 5000 mm = 500 cm

Entonces la longitud efectiva de la columna = K \* L = 2 \* 500cm = **1000 cm = 10 m** que es el doble de su longitud L, esto depende a las condiciones de los extremos de la columna.

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad [\text{Ec.23}]^{23}$$

Donde:

r = Radio de giro [cm]

I = Momento de inercia de la sección [cm<sup>4</sup>]

---

<sup>22</sup> Jack C. McCormac, Op. Cit. Pág 118

<sup>23</sup> Jack C. McCormac, Op. Cit. Pág 138

$A = \text{Área de la sección transversal del perfil [cm}^2\text{]}$

Datos:

$I = 682.1 \text{ cm}^4$  ejes x-x, referencia ( anexo 1)

$A = 13.36 \text{ cm}^2$

Reemplazando valores en [Ec.23] se obtiene:

$$r = \sqrt{\frac{682.1 \text{ cm}^4}{13.36 \text{ cm}^2}}$$

$$r = \sqrt{51.05 \text{ cm}^2}$$

$$r = 7.145 \text{ cm}$$

Obtenido el valor de radio de giro y reemplazando valores en [Ec.22] se obtiene:

$$\lambda = \frac{2 * 500 \text{ cm}}{7.145 \text{ cm}}$$

$$\lambda = 139.95$$

Este valor de esbeltez de  $139.95 < 200$ , indica que se encuentra bajo condiciones de las especificaciones ASD, miembros diseñados a compresión<sup>24</sup>.

Con el valor de esbeltez se busca en la (tabla 2.3) y se determina  $F_a$  del método ASD para  $F_y = 36 \text{ Ksi}$

$$\lambda = 139.95 \approx 140$$

---

<sup>24</sup> Jack C. McCormac, Op. Cit. Pág 118

**Table 4-22 (continued)**  
**Available Critical Stress for**  
**Compression Members**

$F_y = 35\text{ksi}$			$F_y = 36\text{ksi}$			$F_y = 42\text{ksi}$			$F_y = 46\text{ksi}$			$F_y = 50\text{ksi}$		
$\frac{Kl}{r}$	$F_{cr}/\Omega_c$	$\phi_c F_{cr}$	$\frac{Kl}{r}$	$F_{cr}/\Omega_c$	$\phi_c F_{cr}$	$\frac{Kl}{r}$	$F_{cr}/\Omega_c$	$\phi_c F_{cr}$	$\frac{Kl}{r}$	$F_{cr}/\Omega_c$	$\phi_c F_{cr}$	$\frac{Kl}{r}$	$F_{cr}/\Omega_c$	$\phi_c F_{cr}$
	ksi	ksi		ksi	ksi		ksi	ksi		ksi	ksi		ksi	ksi
	ASD	LRFD		ASD	LRFD		ASD	LRFD		ASD	LRFD		ASD	LRFD
121	9.91	14.9	121	10.0	15.0	121	10.2	15.4	121	10.3	15.4	121	10.3	15.4
122	9.79	14.7	122	9.85	14.8	122	10.1	15.2	122	10.1	15.2	122	10.1	15.2
123	9.67	14.5	123	9.72	14.6	123	9.93	14.9	123	9.94	14.9	123	9.94	14.9
124	9.55	14.3	124	9.59	14.4	124	9.78	14.7	124	9.78	14.7	124	9.78	14.7
125	9.43	14.2	125	9.47	14.2	125	9.62	14.5	125	9.62	14.5	125	9.62	14.5
126	9.31	14.0	126	9.35	14.0	126	9.47	14.2	126	9.47	14.2	126	9.47	14.2
127	9.19	13.8	127	9.22	13.9	127	9.32	14.0	127	9.32	14.0	127	9.32	14.0
128	9.07	13.6	128	9.10	13.7	128	9.17	13.8	128	9.17	13.8	128	9.17	13.8
129	8.95	13.4	129	8.98	13.5	129	9.03	13.6	129	9.03	13.6	129	9.03	13.6
130	8.83	13.3	130	8.86	13.3	130	8.89	13.4	130	8.89	13.4	130	8.89	13.4
131	8.71	13.1	131	8.73	13.1	131	8.76	13.2	131	8.76	13.2	131	8.76	13.2
132	8.60	12.9	132	8.61	12.9	132	8.63	13.0	132	8.63	13.0	132	8.63	13.0
133	8.48	12.7	133	8.49	12.8	133	8.50	12.8	133	8.50	12.8	133	8.50	12.8
134	8.37	12.6	134	8.37	12.6	134	8.37	12.6	134	8.37	12.6	134	8.37	12.6
135	8.25	12.4	135	8.25	12.4	135	8.25	12.4	135	8.25	12.4	135	8.25	12.4
136	8.13	12.2	136	8.13	12.2	136	8.13	12.2	136	8.13	12.2	136	8.13	12.2
137	8.01	12.0	137	8.01	12.0	137	8.01	12.0	137	8.01	12.0	137	8.01	12.0
138	7.89	11.9	138	7.89	11.9	138	7.89	11.9	138	7.89	11.9	138	7.89	11.9
139	7.78	11.7	139	7.78	11.7	139	7.78	11.7	139	7.78	11.7	139	7.78	11.7
140	7.67	11.5	140	7.67	11.5	140	7.67	11.5	140	7.67	11.5	140	7.67	11.5
141	7.56	11.4	141	7.56	11.4	141	7.56	11.4	141	7.56	11.4	141	7.56	11.4
142	7.45	11.2	142	7.45	11.2	142	7.45	11.2	142	7.45	11.2	142	7.45	11.2
143	7.35	11.0	143	7.35	11.0	143	7.35	11.0	143	7.35	11.0	143	7.35	11.0
144	7.25	10.9	144	7.25	10.9	144	7.25	10.9	144	7.25	10.9	144	7.25	10.9
145	7.15	10.7	145	7.15	10.7	145	7.15	10.7	145	7.15	10.7	145	7.15	10.7
146	7.05	10.6	146	7.05	10.6	146	7.05	10.6	146	7.05	10.6	146	7.05	10.6
147	6.96	10.5	147	6.96	10.5	147	6.96	10.5	147	6.96	10.5	147	6.96	10.5
148	6.86	10.3	148	6.86	10.3	148	6.86	10.3	148	6.86	10.3	148	6.86	10.3
149	6.77	10.2	149	6.77	10.2	149	6.77	10.2	149	6.77	10.2	149	6.77	10.2
150	6.68	10.0	150	6.68	10.0	150	6.68	10.0	150	6.68	10.0	150	6.68	10.0
151	6.59	9.91	151	6.59	9.91	151	6.59	9.91	151	6.59	9.91	151	6.59	9.91
152	6.51	9.78	152	6.51	9.78	152	6.51	9.78	152	6.51	9.78	152	6.51	9.78
153	6.42	9.65	153	6.42	9.65	153	6.42	9.65	153	6.42	9.65	153	6.42	9.65
154	6.34	9.53	154	6.34	9.53	154	6.34	9.53	154	6.34	9.53	154	6.34	9.53
155	6.26	9.40	155	6.26	9.40	155	6.26	9.40	155	6.26	9.40	155	6.26	9.40
156	6.18	9.28	156	6.18	9.28	156	6.18	9.28	156	6.18	9.28	156	6.18	9.28
157	6.10	9.17	157	6.10	9.17	157	6.10	9.17	157	6.10	9.17	157	6.10	9.17
158	6.02	9.05	158	6.02	9.05	158	6.02	9.05	158	6.02	9.05	158	6.02	9.05
159	5.95	8.94	159	5.95	8.94	159	5.95	8.94	159	5.95	8.94	159	5.95	8.94
160	5.87	8.82	160	5.87	8.82	160	5.87	8.82	160	5.87	8.82	160	5.87	8.82
ASD		LRFD												
$\Omega_c = 1.67$		$\phi_c = 0.90$												

Fuente: Manual AISC<sup>25</sup>

Tabla 2.3 Valores de Fa según valor de esbeltez

<sup>25</sup> Manual AISC. Op. Cit. Pág. 4-321



Fa = 7.67 Ksi en tablas, referencia (tabla 2.3)

$$Fa = 540.38 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

Donde:

Fa = Esfuerzo permisible

Se puede calcular la relación de esbeltez **Cc**, que separa el pandeo elástico del inelástico y se realiza una comparación de valores entre la relación de esbeltez y esbeltez para determinar que fórmula del método ASD se va a utilizar.

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 * E}{F_y}} \quad [\text{Ec.24}]^{26}$$

Donde:

Cc = Relación de esbeltez

E = Módulo de elasticidad [Kgf / cm<sup>2</sup>]

Fy = Esfuerzo de fluencia [Kgf / cm<sup>2</sup>]

Datos:

$$E = 29 \times 10^3 \text{ Klb/plg}^2 = 2043185.90 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

$$F_y = 36 \text{ Klb/plg}^2 = 2536.36 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.24] se obtiene:

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 * 2043185.90 \text{ Kgf/cm}^2}{2536.36 \text{ Kgf/cm}^2}}$$

---

<sup>26</sup>Jack C. McCormac, Op. Cit. Pág 112

$$C_c = 126.1$$

Entonces:

$$\lambda = 140 > C_c = 126.1$$

Cuando:

$K*L/r < C_c$  se utiliza la fórmula parabólica [Ec.25] para determinar  $F_a$ .

Y la columna es corta.

$$F_a = \frac{[1 - \frac{(K*L/r)^2}{2C_c^2}] * F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3(K*L)}{8C_c} - \frac{(K*L)^3}{8C_c^3}} \quad [Ec.25]^{27}$$

$K*L/r > C_c$  se utiliza la fórmula de Euler, con un factor de seguridad de 1.92 o (23/12) [Ec.26] para determinar  $F_a$ .

Y la columna es larga.

$$F_a = \frac{12I^2 * E}{23(K*L/r)^2} \quad [Ec.26]^{28}$$

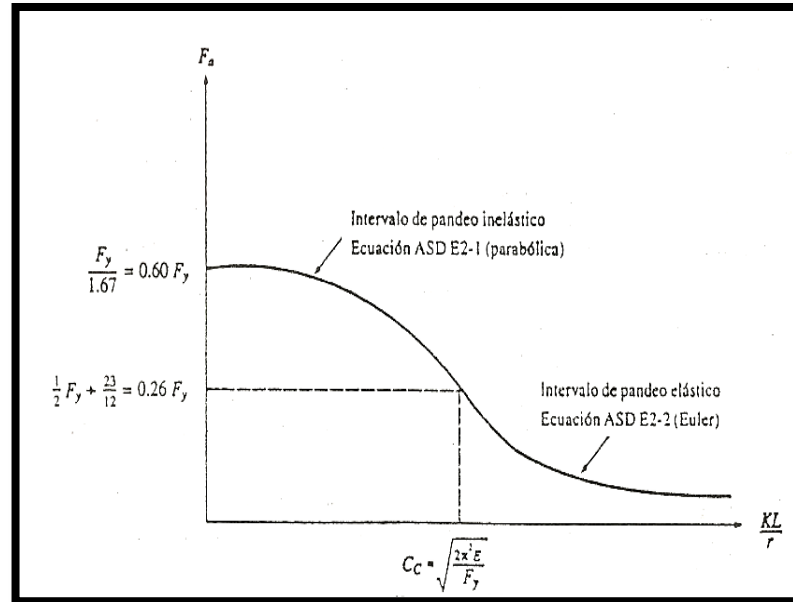
La (figura 2.10), muestra los intervalos en que se usan las dos expresiones ASD. El denominador de la ecuación [Ec.25 ASD] es el factor de seguridad y da usualmente un valor no mucho mayor que el usado para miembros a tensión cargados axialmente. Las pruebas han mostrado que las columnas cortas no son afectadas grandemente por pequeñas excentricidades, lo que permite el uso de factores de seguridad pequeños. Las columnas más esbeltas, son más sensibles a las pequeñas imperfecciones y el factor de seguridad se incrementa hasta un 15%. Debe mencionarse que las columnas de longitud intermedia son aquellas en que los esfuerzos residuales y la falta de rectitud inicial tienen mayor influencia. La

---

<sup>27</sup> Jack C. McCormac, Op. Cit. Pág 113

<sup>28</sup> Jack C. McCormac, Op. Cit. Pág 113

expresión para el factor de seguridad (F.S.) representa un cuarto de onda senoidal, que toma el valor 5/3 cuando  $K*L/r$  es igual a cero y crece hasta 23/12 cuando  $K*L/r$  es igual a  $C_c$ <sup>29</sup>.



Fuente: JACK C. McCORMAC<sup>30</sup>

Figura 2.10 Curva ASD para esfuerzos permisibles en columnas

Donde:

$F_a$  = Esfuerzo permisible [Kgf / cm<sup>2</sup>]

$E$  = Módulo de elasticidad [Kgf / cm<sup>2</sup>]

$K$  = Valor recomendado de diseño (factor de longitud efectiva)

$L$  = Longitud de la columna [cm]

$r$  = Radio de giro [cm]

<sup>29</sup> Jack C. McCormac, Op. Cit. Pág 114

<sup>30</sup> Jack C. McCormac, Op. Cit. Pág 113

Datos:

$$E = 29 \times 10^3 \text{ Klb} / \text{plg}^2 = 2043185.90 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

$K = 2$  valor recomendado de diseño, ver (figura 2.9)

$$L = 5000 \text{ mm} = 500 \text{ cm}$$

$$r = 7.145 \text{ cm}$$

Reemplazando valores en [Ec.26] se obtiene:

$$F_a = \frac{12I^2 * 2043185.90 \text{ Kgf/cm}^2}{23(2 * 500\text{cm}/7.145\text{cm})^2}$$

$$F_a = 537.11 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

$$\mathbf{P_{cr} = F_a * A_g} \quad [\text{Ec.27}]^{31}$$

Donde:

$P_{cr}$  = Carga permisible de compresión que puede soportar la columna axialmente

$F_a$  = Esfuerzo permisible [ $\text{Kgf} / \text{cm}^2$ ]

$A_g$  = Área de sección [ $\text{cm}^2$ ]

Datos:

$$F_a = 537.11 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

$$A_g = 13.36 \text{ cm}^2$$

---

<sup>31</sup> Jack C. McCormac, Op. Cit. Pág 119

Reemplazando valores en [Ec.27] se obtiene:

$$P_{cr} = 537.11 \text{ Kgf/cm}^2 * 13.36 \text{ cm}^2$$

$$P_{cr} = 7175.78 \text{ Kgf}$$

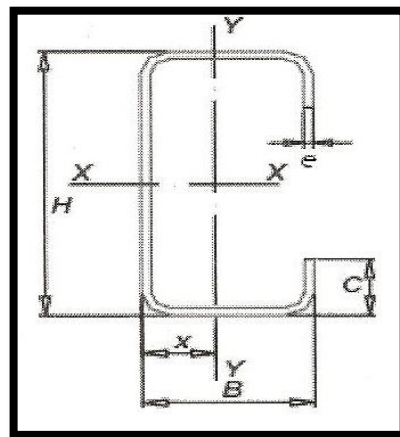
Este valor de carga demuestra que el perfil escogido soporta aproximadamente 23 veces más la carga de diseño del equipo que es de 300 kg, la razón por la que se escogió este perfil correa de las siguientes dimensiones;

$$H = 200 \text{ mm}$$

$$B = 50 \text{ mm}$$

$$C = 25 \text{ mm}$$

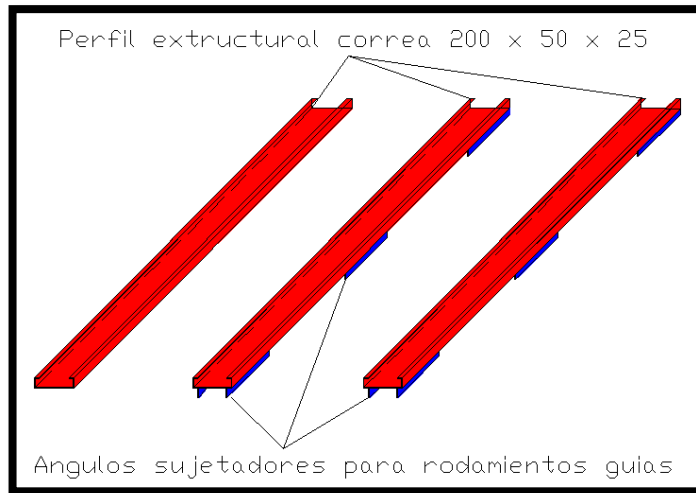
$$e = 4 \text{ mm}$$



Fuente: Catálogo IPAC

Figura 2.11 Dimensiones perfil estructural correa

es la existencia en el mercado así como las medidas que se necesita para el alojamiento dentro del perfil de poleas, rodamientos guías en tramos telescópicos, ver (figura 2.12) y cable de arrastre.

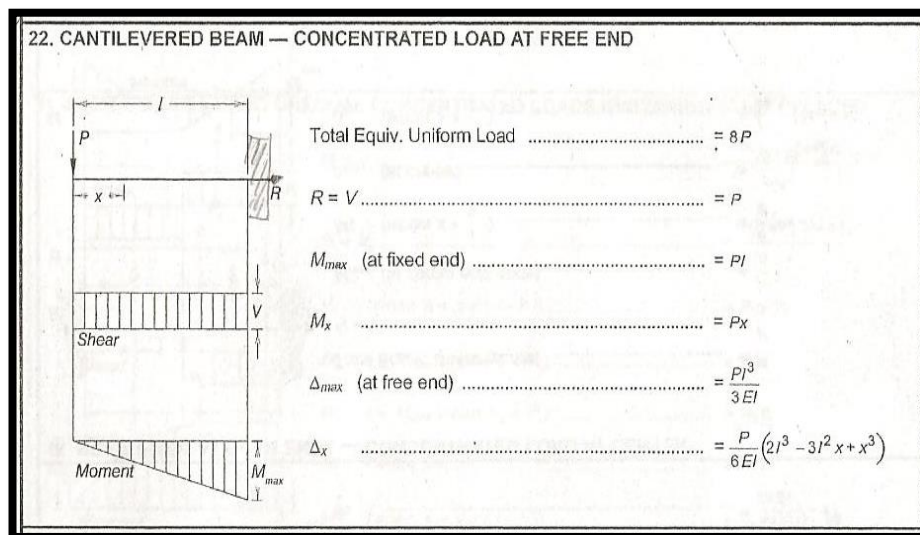


Elaborado por: Autores

Figura 2.12 Ángulos sujetadores para rodamientos guías de tramos telescópicos

## 2.9 Diseño de la horquilla

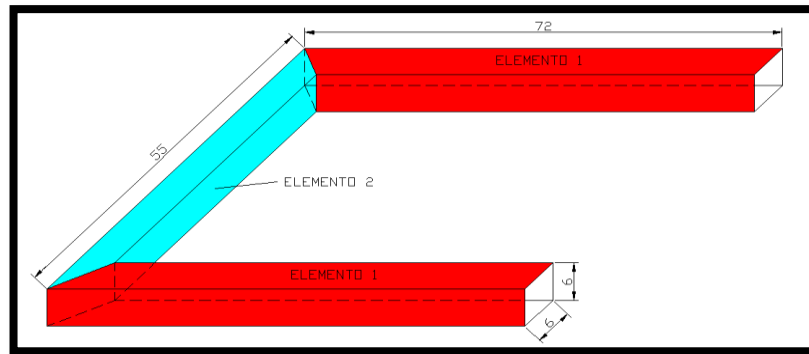
El diseño de la horquilla se realizará a continuación mediante la formulación y comportamiento que tiene una viga en voladizo referencia (figura 2.13), con esto se logrará determinar el módulo de sección necesario para determinar el perfil adecuado para la construcción del elemento 1, ver (figura 2.14).



Fuente: Manual AISC<sup>32</sup>

Figura 2.13 Viga en voladizo – carga concentrada en el extremo final de la viga

<sup>32</sup> Manual AISC. Op. Cit. Pág. 3-218



Elaborado por: Autores

Figura 2.14 Horquilla [cm]

### 2.9.1 Calculo del peso total

El peso total ya no será 300 Kgf sino, será el peso que soportará la horquilla que es: el peso de una persona, peso de las herramientas, peso de la canastilla y un peso admisible como se indica a continuación.

$$W_t = W_p + W_h + W_c + W_a \quad [\text{Ec.28}]^{33}$$

Donde:

$W_p$  = Peso de una persona promedio [Kgf], ver (tabla 2.4)

$W_h$  = Peso aproximado de herramientas [Kgf]

$W_c$  = Peso aproximado de canastilla [Kgf]

$W_a$  = Peso admisible [Kgf]

Datos:

$W_p = 70 \text{ Kgf}$

<sup>33</sup> MEDINA, Salvador. Op. Cit. Pag. 34

$$W_h = 28 \text{ Kgf}$$

$$W_c = 32 \text{ Kgf}$$

$$W_a = [10\% (W_p + W_h + W_c)] \text{ [Kgf]}$$

$$W_a = [10\% (70 + 28 + 32)] \text{ [Kgf]}$$

$$W_a = 13 \text{ Kgf}$$

Reemplazando valores en [Ec.28] se obtiene:

$$W_t = 70 \text{ Kgf} + 28 \text{ Kgf} + 32 \text{ Kgf} + 13 \text{ Kgf}$$

$$W_t = 143 \text{ Kgf} = P$$

Altura [mts.]	Mujeres						Hombres					
	Pequeña		Mediana		Grande		Pequeño		Mediano		Grande	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
1.5	45.00	47.25	46.13	50.63	47.25	52.88	45.00	50.18	48.38	55.40	50.63	56.25
1.52	46.21	48.52	47.36	51.98	48.52	54.29	46.21	51.52	49.67	56.88	51.98	57.76
1.54	47.43	49.80	48.62	53.36	49.80	55.73	47.43	52.89	50.99	58.39	53.36	59.29
1.56	48.67	51.11	49.89	54.76	51.11	57.19	48.67	54.27	52.32	59.92	54.76	60.84
1.58	49.93	52.42	51.18	56.17	52.42	58.67	49.93	55.67	53.67	61.46	56.17	62.41
1.6	51.20	53.76	52.48	57.60	53.76	60.16	51.20	57.09	55.04	63.03	57.60	64.00
1.62	52.49	55.11	53.80	59.05	55.11	61.67	52.49	58.52	56.42	64.61	59.05	65.61
1.64	53.79	56.48	55.14	60.52	56.48	63.21	53.79	59.98	57.83	66.22	60.52	67.24
1.66	55.11	57.87	56.49	62.00	57.87	64.76	55.11	61.45	59.25	67.84	62.00	68.89
1.68	56.45	59.27	57.86	63.50	59.27	66.33	56.45	62.94	60.68	69.49	63.50	70.56
1.7	57.80	60.69	59.25	65.03	60.69	67.92	57.80	64.45	62.14	71.15	65.03	72.25
1.72	59.17	62.13	60.65	66.58	62.13	69.52	59.17	65.97	63.61	72.84	66.58	73.96
1.74	60.55	63.58	62.07	68.12	63.58	71.15	60.55	67.52	65.09	74.54	68.12	75.69
1.76	61.95	65.05	63.50	69.70	65.05	72.79	61.95	69.08	66.60	76.26	69.70	77.44
1.78	63.37	66.54	64.95	71.29	66.54	74.46	63.37	70.66	68.12	78.01	71.29	79.21
1.8	64.80	68.04	66.42	72.90	68.04	76.14	64.80	72.25	69.66	79.77	72.90	81.00
1.82	66.25	69.56	67.90	74.53	69.56	77.84	66.25	73.87	71.22	81.55	74.53	82.81
1.84	67.71	71.10	69.40	76.18	71.10	79.56	67.71	75.50	72.79	83.35	76.18	84.64
1.86	69.19	72.65	70.92	77.84	72.65	81.30	69.19	77.15	74.38	85.18	77.84	86.49
1.88	70.69	74.22	72.46	79.52	74.22	83.06	70.69	78.82	75.99	87.02	79.52	88.36
1.9	72.20	75.81	74.01	81.23	75.81	84.84	72.20	80.50	77.62	88.88	81.23	90.25
1.92	73.73	77.41	75.57	82.94	77.41	86.63	73.73	82.21	79.26	90.76	82.94	92.16
1.94	75.27	79.04	77.15	84.68	79.04	88.44	75.27	83.93	80.92	92.66	84.68	94.09
1.96	76.83	80.67	78.75	86.44	80.67	90.28	76.83	85.67	82.59	94.58	86.44	96.04
1.98	78.41	82.33	80.37	88.21	82.33	92.13	78.41	87.42	84.29	96.52	88.21	98.01
2	80.00	84.00	82.00	90.00	84.00	94.00	80.00	89.20	86.00	98.48	90.00	100.00
2.02	81.61	85.69	83.65	91.81	85.69	95.89	81.61	90.99	87.73	100.46	91.81	102.01
2.04	83.23	87.39	85.31	93.64	87.39	97.80	83.23	92.80	89.47	102.46	93.64	104.04
2.06	84.87	89.12	86.99	95.48	89.12	99.72	84.87	94.63	91.24	104.48	95.48	106.09
2.08	86.53	90.85	88.69	97.34	90.85	101.67	86.53	96.48	93.02	106.52	97.34	108.16

Fuente: <http://www.zonadiet.com>

Tabla 2.4 Peso según estatura de una persona adulta



$$\mathbf{R = V = P} \quad [\text{Ec.29}]^{34}$$

Donde:

R = Reacción en el empotramiento [Kgf]

V = Fuerza cortante [Kgf]

P = Peso total [Kgf]

Reemplazando valores en [Ec.29] se obtiene:

$$R = V = P = 143 \text{ Kgf}$$

$$\mathbf{Mmáx = P * l} \quad [\text{Ec.30}]^{35}$$

Donde:

Mmáx = Momento máximo [Kgf \* cm]

P = Peso total [Kgf]

l = Longitud elemento 1 [cm], ver (figura 2.14)

Datos:

$$P = 143 \text{ Kgf}$$

$$l = 72 \text{ cm}$$

Reemplazando valores en [Ec.30] se obtiene:

---

<sup>34</sup> Manual AISC. Op. Cit. Pág. 3-218

<sup>35</sup> Manual AISC. Op. Cit. Pág. 3-218

$$M_{\text{máx}} = 143 \text{ Kgf} * 72 \text{ cm}$$

$$M_{\text{máx}} = 10296 \text{ Kgf} * \text{cm}$$

$$\mathbf{F_b = 0.4 * F_y} \quad [\text{Ec.07}]$$

Donde:

$$F_b = \text{Esfuerzo admisible a flexión} \quad [\text{Kgf} / \text{cm}^2]$$

$$F_y = \text{Esfuerzo admisible del material} \quad [\text{Kgf} / \text{cm}^2]$$

$$0.4 = \text{Constante de la fórmula}$$

Datos:

$$F_y \text{ del acero A 36} = 36 \text{ Kpsi}$$

Transformando las unidades del acero A 36 de 36 (Kpsi) a (Kgf / cm<sup>2</sup>) se tiene:

$$F_y = 2536.36 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.07] se obtiene:

$$F_b = 0.4 * 2536.36 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

$$F_b = 1014.54 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

$$\mathbf{S_y = \frac{M_{\text{máx}}}{F_b}} \quad [\text{Ec.09}]$$

Donde:

$$S_y = \text{Módulo de sección} \quad [\text{cm}^3]$$

$M_{\text{máx}} = \text{Momento máximo} \quad [\text{Kgf} * \text{cm}]$

$F_b = \text{Esfuerzo admisible a flexión} \quad [\text{Kgf} / \text{cm}^2]$

Datos:

$M_{\text{máx}} = 10296 \text{ Kgf} * \text{cm}$

$F_b = 1014.54 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$

Reemplazando valores en [Ec.09] se obtiene:

$$S_y = \frac{10296 \text{ Kgf} * \text{cm}}{1014.54 \text{ Kgf}/\text{cm}^2}$$

$$S_y = 10.14 \text{ cm}^3$$

Una vez calculado el módulo de sección  $S_y$ , se determina el perfil referencia (anexo 1). Tubo estructural cuadrado de IPAC.

Con el valor de  $S_y = 10.14 \text{ cm}^3$  y referencia (anexo 1), el tubo estructural que se seleccionará para la construcción del elemento 1 de la horquilla ver (figura 2.14), del equipo será de **60 x 3 mm**, según norma ASTM A-569 y norma interna de fabricación de (IPAC), con un valor de módulo de sección  $S_y = 11.69 \text{ cm}^3$ .

### 2.9.1.1 Cálculo del factor de seguridad teórico y real (elemento 1)

El factor de seguridad para el caso del método que se utilizará para el diseño de los elementos mecánicos será el de tipo A.S.D.

$$n_t = \frac{F_y}{F_b} \quad [\text{Ec.10}]$$

Donde:

$n_t = \text{Factor de seguridad teórico}$

$F_y =$  Esfuerzo admisible del material [Kgf / cm<sup>2</sup>]

$F_b =$  Esfuerzo admisible a flexión [Kgf / cm<sup>2</sup>]

Datos:

$F_y$  del acero A 36 = 36 Kpsi

Transformando las unidades del acero A 36 de 36 (Kpsi) a (Kgf/cm<sup>2</sup>) se tiene:

$$F_y = 2536.36 \text{ Kgf / cm}^2$$

$$F_b = 1014.54 \text{ Kgf / cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.10] se obtiene:

$$n_t = \frac{2536.36 \text{ Kgf/cm}^2}{1014.54 \text{ Kgf / cm}^2}$$

$$n_t = 2.5$$

Con el módulo de sección real del tubo estructural  $S_y = 11.69 \text{ cm}^3$  se calcula el factor de seguridad real y se compara con el factor de seguridad teórico ya calculado y su verificación indica si se encuentra en los parámetros correctos de seguridad.

$$S_y = \frac{M_{\text{máx}}}{F_b} \quad [\text{Ec.09}]$$

Despejando  $F_b$  en la [Ec.09] se tiene:

$$F_b = \frac{M_{\text{máx}}}{S_y} \quad [\text{Ec.11}]$$

Datos:

$$M \text{ máx} = 10296 \text{ Kgf} * \text{cm}$$

$$S_y \text{ (real)} = 11.69 \text{ cm}^3$$

Reemplazando valores en [Ec.11] se obtiene:

$$F_b = \frac{10296 \text{ Kgf} * \text{cm}}{11.69 \text{ cm}^3}$$

$$F_b = 880.75 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

Una vez calculado el esfuerzo admisible a flexión  $F_b$  y reemplazando valores en [Ec.12] se obtiene:

$$n_r = \frac{F_y}{F_b} \quad [\text{Ec.12}]$$

Donde:

$n_r$  = Factor de seguridad real

$F_y$  = Esfuerzo admisible del material [Kgf / cm<sup>2</sup>]

$F_b$  = Esfuerzo admisible a flexión real [Kgf / cm<sup>2</sup>]

Datos:

$F_y$  del acero A 36 = 36 Kpsi

Transformando las unidades del acero A 36 de 36 (Kpsi) a (Kgf/cm<sup>2</sup>) se tiene:

$$F_y = 2536.36 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

$$F_b = 880.75 \text{ Kgf / cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.12] se obtiene:

$$nr = \frac{2536.36 \text{ Kgf/cm}^2}{880.75 \text{ Kgf / cm}^2}$$

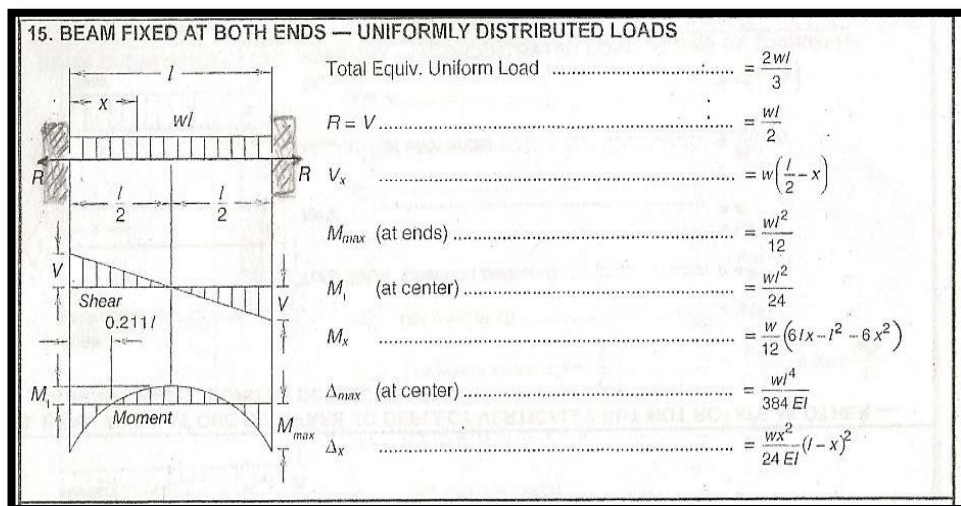
$$nr = 2.87$$

$$nr = 2.87 \approx nt = 2.5 \approx n \text{ considerado} = 2 \text{ Ver (página 14).}$$

Con este valor de factor de seguridad, se concluye que el diseño del elemento 1 está en los parámetros correctos de seguridad.

### 2.9.2 Diseño y selección del (elemento 2) de la horquilla

Para el diseño del elemento 2 de la horquilla ver (figura 2.14), se utilizará las ecuaciones del método ASD y las de una viga simple empotrada en sus extremos con una carga distribuida uniformemente, ver (figura 2.15).



Fuente: Manual AISC<sup>36</sup>

Figura 2.15 Viga simple empotrada en los extremos – carga distribuida uniformemente

<sup>36</sup> Manual AISC. Op. Cit. Pág. 3-216

Una vez establecidos los parámetros y fuentes de diseño se continúa con el cálculo.

$$Wl = \frac{P}{l} \quad [\text{Ec.31}]^{37}$$

Donde:

Wl = Peso lineal [Kgf / cm]

P = Peso total [Kgf]

l = Longitud elemento (2) [cm], ver (figura 2.14)

Datos:

P = 143 Kgf

l = 55 cm

Reemplazando valores en [Ec.31] se obtiene:

$$Wl = \frac{143 \text{ Kgf}}{55 \text{ cm}}$$

Wl = 2.6 Kgf/cm

$$M \text{ máx} = \frac{Wl * l^2}{12} \quad [\text{Ec.32}]^{38}$$

Donde:

Wl = Carga concentrada en el centro [Kgf / cm]

---

<sup>37</sup> Manual AISC. Op. Cit. Pág. 3-216

<sup>38</sup> Manual AISC. Op. Cit. Pág. 3-216

$l =$  Longitud (elemento 2) [cm]

Datos:

$$Wl = 2.6 \text{ Kgf / cm}$$

$$l = 55 \text{ cm}$$

Reemplazando valores en [Ec.32] se obtiene:

$$M \text{ máx} = \frac{2.6 \text{ kgf/cm} * (55)^2 \text{ cm}^2}{12}$$

$$M \text{ máx} = 655.41 \text{ kgf} * \text{ cm}$$

$$S_y = \frac{M_{\text{máx}}}{F_b} \quad [\text{Ec.09}]$$

Donde:

$$S_y = \text{Módulo de sección} \quad [\text{cm}^3]$$

$$M_{\text{máx}} = \text{Momento máximo} \quad [\text{Kgf} * \text{cm}]$$

$$F_b = \text{Esfuerzo admisible a flexión del material A36} \quad [\text{Kgf} / \text{cm}^2]$$

Datos:

$$M \text{ máx} = 655.41 \text{ Kgf} * \text{ cm}$$

$$F_b = 1014.54 \text{ Kgf} / \text{ cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.09] se obtiene:



$$S_y = \frac{655.41 \text{ Kgf} \cdot \text{cm}}{1014.54 \text{ Kgf/cm}^2}$$

$$S_y = 0.64 \text{ cm}^3$$

Una vez calculado el módulo de sección  $S_y$ , se determina el perfil referencia (anexo 1). Tubo estructural cuadrado de IPAC.

Con el valor de  $S_y = 0.64 \text{ cm}^3$  y referencia (anexo 1), el tubo estructural que se seleccionará para la construcción del elemento 2 de la horquilla del equipo es de **20 x 2 mm**, con un valor de módulo de sección  $S_y = 0.69 \text{ cm}^3$ . Pero por cuestión de estética, facilidad de montaje y no adquisición de otro tubo estructural se utilizará el mismo tubo estructural cuadrado que se seleccionó para el elemento 1 de la horquilla ver (figura 2.14), cuyas medidas son: **60 x 3 mm**, con un valor de módulo de sección  $S_y = 11.69 \text{ cm}^3$ .

### 2.9.2.1 Cálculo del factor de seguridad teórico y real (elemento 2)

El factor de seguridad para el caso del método que se utilizará para el diseño de los elementos mecánicos será el de tipo A.S.D.

$$n_t = \frac{F_y}{F_b} \quad [\text{Ec.10}]$$

Donde:

$n_t$  = Factor de seguridad teórico

$F_y$  = Esfuerzo admisible del material [Kgf / cm<sup>2</sup>]

$F_b$  = Esfuerzo admisible a flexión [Kgf / cm<sup>2</sup>]

Datos:

$F_y$  del acero A 36 = 36 Kpsi

Transformando las unidades del acero A 36 de 36 (Kpsi) a (Kgf / cm<sup>2</sup>) se tiene:

$$F_y = 2536.36 \text{ Kgf / cm}^2$$

$$F_b = 1014.54 \text{ Kgf / cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.10] se obtiene:

$$n_t = \frac{2536.36 \text{ Kgf/cm}^2}{1014.54 \text{ Kgf /cm}^2}$$

$$n_t = 2.5$$

Con el módulo de sección real del tubo estructural se calcula el factor de seguridad real y se compara con el factor de seguridad teórico ya calculado con el cuál se verifica los parámetros correctos de seguridad.

$$S_y = \frac{M_{\text{máx}}}{F_b} \quad [\text{Ec.09}]$$

Despejando  $F_b$  en la [Ec.09] se tiene:

$$F_b = \frac{M_{\text{máx}}}{S_y} \quad [\text{Ec.11}]$$

Datos:

$$M_{\text{máx}} = 655.41 \text{ Kgf * cm}$$

$$S_y (\text{real}) = 11.69 \text{ cm}^3$$

Reemplazando valores en [Ec.11] se obtiene:

$$F_b = \frac{655.41 \text{ Kgf * cm}}{11.69 \text{ cm}^3}$$

$$F_b = 56.06 \text{ Kgf / cm}^2$$

Una vez calculado el esfuerzo admisible a flexión  $F_b$  y reemplazando valores en:

$$nr = \frac{F_y}{F_b} \quad [\text{Ec.12}]$$

Donde:

$nr$  = Factor de seguridad real

$F_y$  = Esfuerzo admisible del material [Kgf / cm<sup>2</sup>]

$F_b$  = Esfuerzo admisible a flexión real [Kgf / cm<sup>2</sup>]

Datos:

$F_y$  del acero A 36 = 36 Kpsi

Transformando las unidades del acero A 36 de 36 (Kpsi) a (Kgf / cm<sup>2</sup>) se tiene:

$$F_y = 2536.36 \text{ Kgf / cm}^2$$

$$F_b = 56.06 \text{ Kgf / cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.12] se obtiene:

$$nr = \frac{2536.36 \text{ Kgf/cm}^2}{56.06 \text{ Kgf /cm}^2}$$

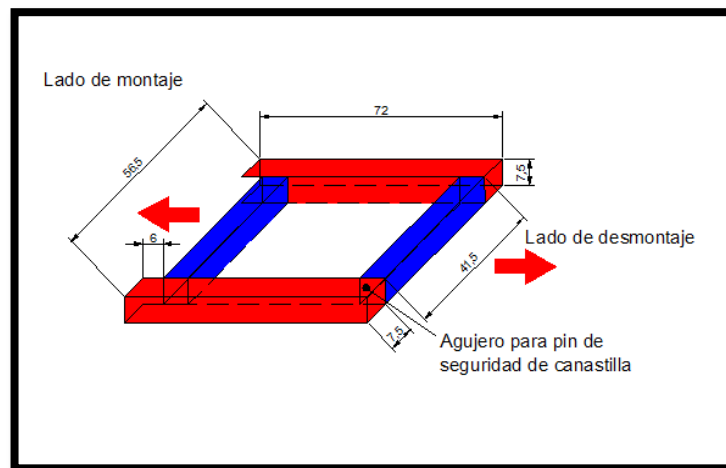
$$nr = 45.24$$

**$nr = 45.24 > nt = 2.5$  n considerado = 2** Ver (página 14).

Con este valor de factor de seguridad de 45.24 indica que está sobredimensionando el diseño del elemento 2, pero esto se lo hace debido a razones de estética, montaje y no desperdicio del material que se realizará en la adquisición para la construcción de la base y horquilla específicamente del elemento 1.

## 2.10 Diseño de la canastilla

En el diseño de la canastilla se utiliza los parámetros de ancho, alto, peso aproximado de una persona y herramientas utilizadas en los diferentes trabajos para los cuales es diseñado el equipo. Los materiales de la canastilla deben ser ligeros para aportar la mínima carga al sistema, por lo cual se utiliza una plancha de tol antideslizante y tubo cuadrado para la estructura. En la (figura 2.16) se muestra la base de la canastilla que será desmontable en la horquilla.



Elaborado por: Autores

Figura 2.16 Base de la canastilla [cm]

El peso de la base de la canastilla, está dada por la relación que se detalla a continuación y por las especificaciones generales, referencia (anexo 1). Tubo estructural cuadrado, según norma ASTM A-569 y norma interna de fabricación de (IPAC). Cuyas medidas son: 75 mm x 2 mm, se selecciona este tipo de tubo porque se necesita que encaje en el tubo de la horquilla y sea desmontable.

$$\text{Peso kgf} / 6\text{m} = 27 \text{ Kgf}$$

Se utiliza en la construcción de la base de la canastilla: 2.27 m

6m ----- 27 kgf

2.27 m ----- x

$$x = \frac{2.27 \text{ m} * 27 \text{ kgf}}{6 \text{ m}}$$

x = 10.21 Kgf = peso del tubo estructural utilizado en la construcción.

### 2.10.1 Diseño del piso de la canastilla

Sobre la base de la canastilla se asentará una plancha de acero antideslizante, con especificaciones generales, referencia (anexo 1) plancha de acero antideslizante, sujeta a los travesaños de la base por medio de soldadura. De espesor 3 mm, según norma DIN 17100 y norma interna de fabricación de (IPAC). De dimensiones largo y ancho como se indica en la (figura 2.17).

El peso de la plancha de acero que se utiliza esta dado por la relación y referencia (anexo 1), como se detalla a continuación.

Espesor = 3 mm, se seleccionó este tipo de plancha para que no exista pandeo cuando se cargue la canastilla.

Peso aproximado por plancha 1000 x 3000 mm = 64 Kgf

$$A_t = b * h \quad [\text{Ec.33}]$$

Donde:

A t = Área de la plancha total [cm<sup>2</sup>]

b = Base de la plancha de acero, referencia (anexo 1) [cm]

h = Altura de la plancha de acero, referencia (anexo 1) [cm]

Datos:

Base = 100 cm

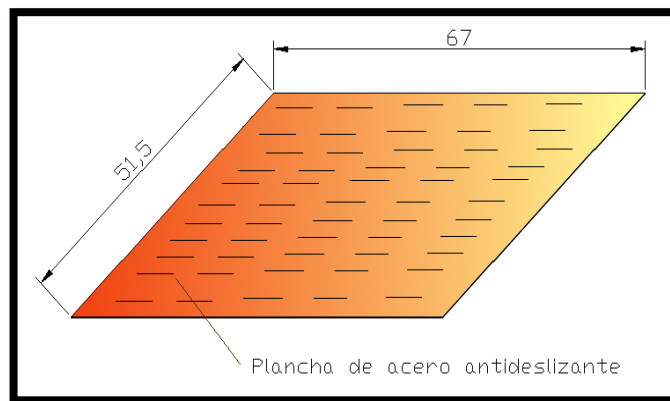
Altura = 300 cm

Reemplazando valores en [Ec.33] se obtiene:

$A_t = 100 \text{ cm} * 300 \text{ cm}$

$A_t = 30000 \text{ cm}^2$

Peso aproximado por plancha con un área de  $30000 \text{ cm}^2 = 64 \text{ Kgf}$



Elaborado por: Autores

Figura 2.17 Plancha de acero [cm]

Entonces el peso aproximado de la plancha que se utiliza para la canastilla según el área es:

$$A_u = b * h \quad [\text{Ec.34}]$$

Donde:

$A_u$  = Área de la plancha utilizada [cm<sup>2</sup>]

$b$  = Base de la plancha de acero [cm]

h = Altura de la plancha de acero [cm]

Datos:

Base = 67 cm

Altura = 51.5 cm

Reemplazando valores en [Ec.34] se obtiene:

$A_u = 67 \text{ cm} * 51.5 \text{ cm}$

$A_u = 3450.5 \text{ cm}^2$

Se utilizará en la construcción una área de plancha de acero de:  $3450.5 \text{ cm}^2$

$30000 \text{ cm}^2$  ----- 64 kgf

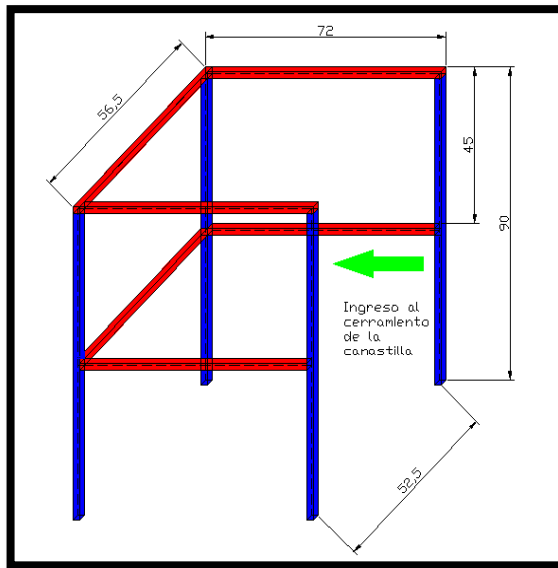
$3450.5 \text{ cm}^2$  ----- x

$$x = \frac{3450.5 \text{ cm}^2 * 64 \text{ kgf}}{30000 \text{ cm}^2}$$

$x = 7.36 \text{ Kg}$  = peso de la plancha de acero antideslizante utilizada en la construcción.

### 2.10.2 Diseño del cerramiento de la canastilla

Para la construcción del cerramiento de la canastilla se utiliza tubo estructural cuadrado de 20 x 2 mm según norma ASTM A-569 y norma interna de fabricación de (IPAC), referencia (anexo 1). De una altura del cerramiento de 90 cm ya que se requiere una seguridad alta para el personal a ser elevado como se muestra en la (figura 2.18).



Elaborado por: Autores

Figura 2.18 Cerramiento de canastilla [cm]

El peso del cerramiento de la canastilla está dado por la relación que se detalla a continuación y por las especificaciones generales de tubo estructural cuadrado 20 x 2 mm de (IPAC), referencia (anexo 1).

Tubo estructural cuadrado 20 mm x 2 mm

Peso kgf / 6m = 6.30 Kgf

Se utiliza en la construcción del cerramiento de la canastilla: 7.6 m

6m ----- 6.30 kgf

7.6 m ----- x

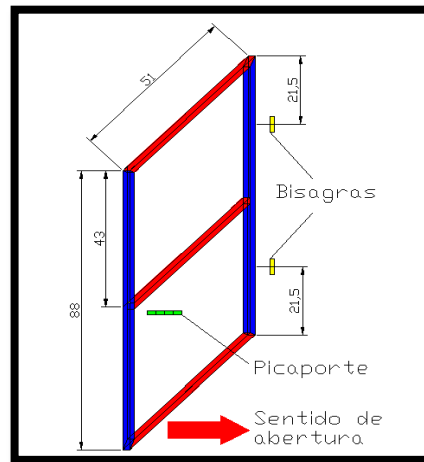
$$x = \frac{7.6 \text{ m} * 6.30 \text{ kgf}}{6 \text{ m}}$$

x = 7.98 Kgf = peso del tubo estructural utilizado en la construcción.



### 2.10.3 Diseño de puerta del cerramiento

El marco de la puerta de ingreso al cerramiento de la canastilla será con tubo estructural cuadrado de 20 mm x 2 mm de espesor, dos bisagras soldadas a la columna del cerramiento y un picaporte que es el seguro de la puerta como se muestra en la (figura 2.19).



Elaborado por: Autores

Figura 2.19 Puerta del cerramiento de la canastilla [cm]

El peso de la puerta del cerramiento de la canastilla está dado por la relación que se detalla a continuación y por las especificaciones generales de tubo estructural cuadrado 20 x 2 mm según norma ASTM A-569 y norma interna de fabricación de (IPAC), referencia (anexo 1).

Tubo estructural cuadrado 20 mm x 2 mm

Peso kgf / 6m = 6.30 Kgf

Se utiliza en la construcción de la puerta del cerramiento: 3.29 m

6m ----- 6.30 kgf

3.29 m ----- x

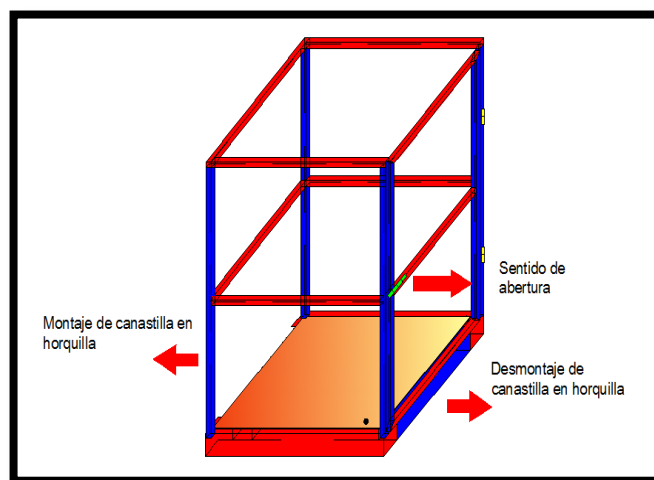
$$x = \frac{3.29 \text{ m} * 6.30 \text{ kgf}}{6 \text{ m}}$$

$x = 3.45 \text{ Kgf}$  = peso del tubo estructural utilizado en la construcción. A este valor se suma el peso de las bisagras y del picaporte que es igual a  $\frac{1}{2} \text{ Kgf}$ .

$$x = 3.45 \text{ Kgf} + \frac{1}{2} \text{ Kgf}$$

$$x = 3.95 \text{ Kgf}$$

Una vez diseñados todos los elementos constitutivos de la canastilla ver (figura 2.20), se genera el equipo de elevación con la seguridad adecuada, protegiendo al personal de caídas cuando esté en operación.



Elaborado por: Autores

Figura 2.20 Canastilla

El peso total de la canastilla se obtiene sumando todos los pesos de las partes constitutivas de la misma que se detallan a continuación.

1. Peso del tubo estructural utilizado en la construcción de la base = 10.21 Kgf
2. Peso de la plancha de acero antideslizante utilizada en la construcción = 7.36 Kgf

3. Peso del tubo estructural utilizado en la construcción del cerramiento = 7.98 Kgf

4. Peso del tubo estructural utilizado en la construcción de la puerta del cerramiento incluido bisagras y picaporte = 3.95 Kgf

$$\text{Peso total de la canastilla} = P1 + P2 + P3 + P4 \quad [\text{Ec.35}]$$

Reemplazando valores en [Ec.35] se obtiene:

$$\text{Peso total de la canastilla} = 10.21 \text{ Kgf} + 7.36 \text{ Kg f} + 7.98 \text{ Kgf} + 3.95 \text{ Kgf}$$

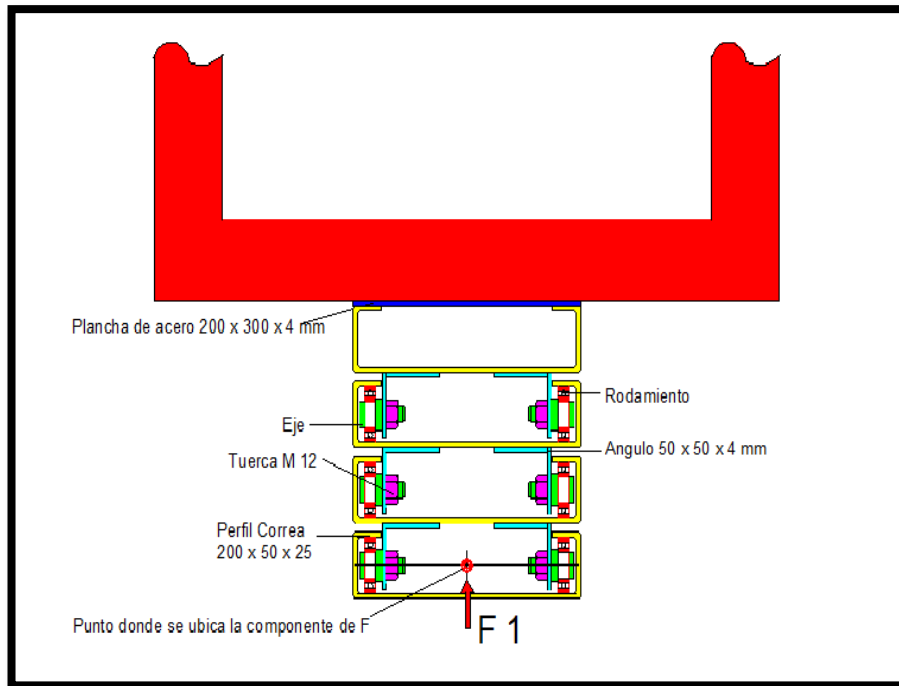
$$\text{Peso total de la canastilla} = 29.5 \text{ Kgf}$$

### 2.11 Diseño mecanismos de deslizamiento de tramos telescópicos

La (figura 2.21), muestra el mecanismo de deslizamiento de los tramos telescópicos los cuales se componen de:

- Rodamientos
- Ángulos sujetadores de ejes de rodamientos
- Ejes roscados y tuercas

Este conjunto permite deslizar hacia arriba y abajo los tramos telescópicos así como también la horquilla donde se ubica la canastilla hasta la altura de diseño de 5000 mm.

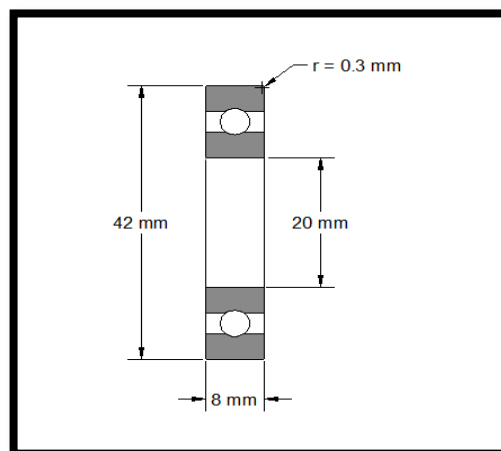


Elaborado por: Autores

Figura 2.21 Mecanismo de deslizamiento de tramos telescópicos

### 2.11.1 Selección del rodamiento para sistemas de deslizamiento

La elección del rodamiento se realiza específicamente por las medidas que proporciona la columna que es un perfil correa de 200 x 50 x 25 x 4 mm seleccionado y realizado los cálculos anteriormente. El rodamiento escogido tiene las siguientes características, referencia (anexo 3) y (figura 2.22).



Fuente: Rodamientos Rígidos de Bolas NTN

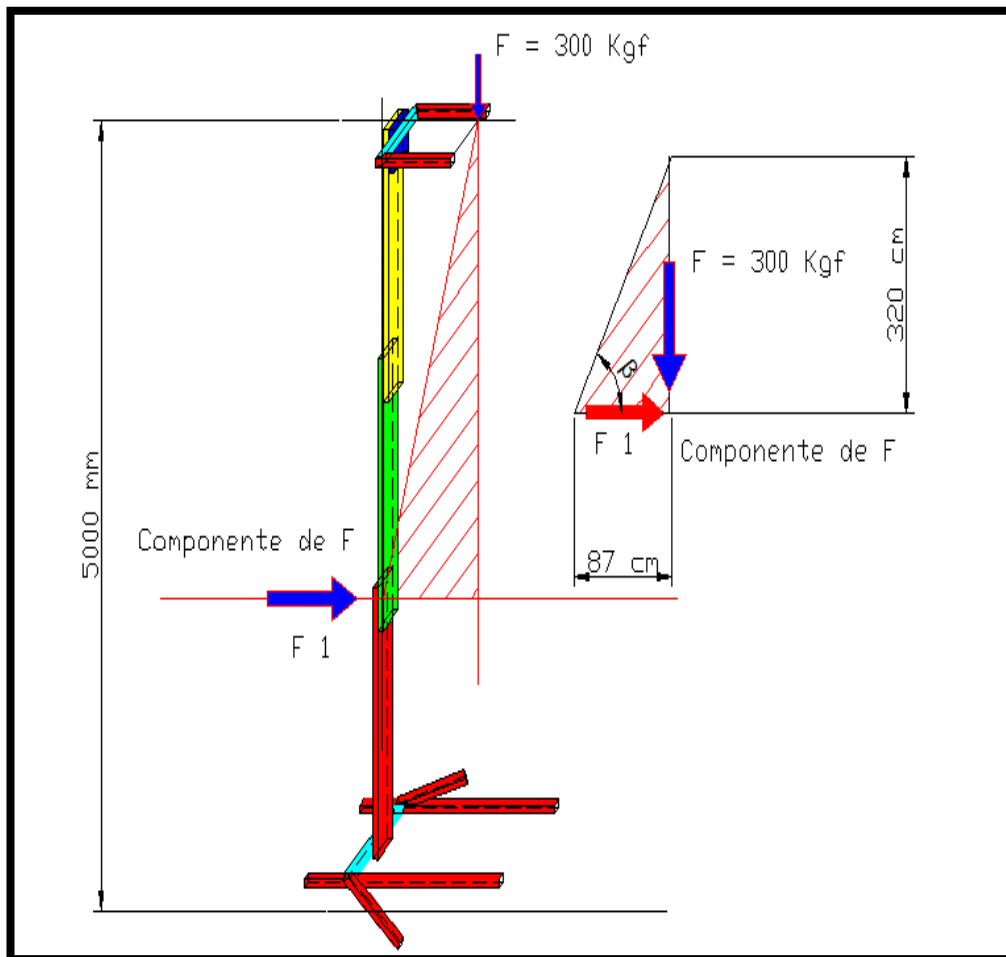
Figura 2.22 Rodamiento 16004

Capacidad de carga dinámica = 810 Kgf<sup>39</sup>

Capacidad de carga estática = 445 Kgf<sup>39</sup>

Velocidad límite grasa tipo abierto = 18000 rpm<sup>39</sup>

En la (figura 2.23) se indica los tramos telescópicos acoplados unos a otros, la fuerza de diseño de 300 kgf en el punto crítico, su componente en el punto crítico cuando la carga esta elevada a la altura máxima de 5000 mm y las distancias para calcular la componente de la fuerza que se necesita para comprobar si el rodamiento seleccionado es el correcto.



Elaborado por: Autores

Figura 2.23 Diagrama de cuerpo libre (componente de F)

<sup>39</sup> CATÁLOGO, Rodamientos Rígidos de Bolas NTN

### 2.11.2 Cálculo de la componente de la fuerza de diseño

Con el cálculo de la componente de la fuerza de diseño se verifica si el rodamiento seleccionado es el correcto.

$$\tan \beta = \frac{320 \text{ cm}}{87 \text{ cm}} \quad [\text{Ec.36}]^{40}$$

Despejando el ángulo  $\beta$  obtenemos:

$$\beta = \tan^{-1} \frac{320 \text{ cm}}{87 \text{ cm}}$$

$$\beta = 74.79^\circ$$

$$\tan \beta = \frac{F}{F_1} \quad [\text{Ec.37}]^{41}$$

Donde:

F = Fuerza de diseño

$\beta$  = Ángulo

F1 = Componente de la fuerza de diseño

Datos:

$$F = 300 \text{ Kgf}$$

$$\beta = 74.79^\circ$$

Reemplazando valores y despejando F1 en la [Ec.37] se obtiene:

---

<sup>40</sup> Diagrama de cuerpo libre, (componente de F)

<sup>41</sup> Diagrama de cuerpo libre, (componente de F)

$$\tan 74.79^\circ = \frac{300 \text{ Kgf}}{F_1}$$

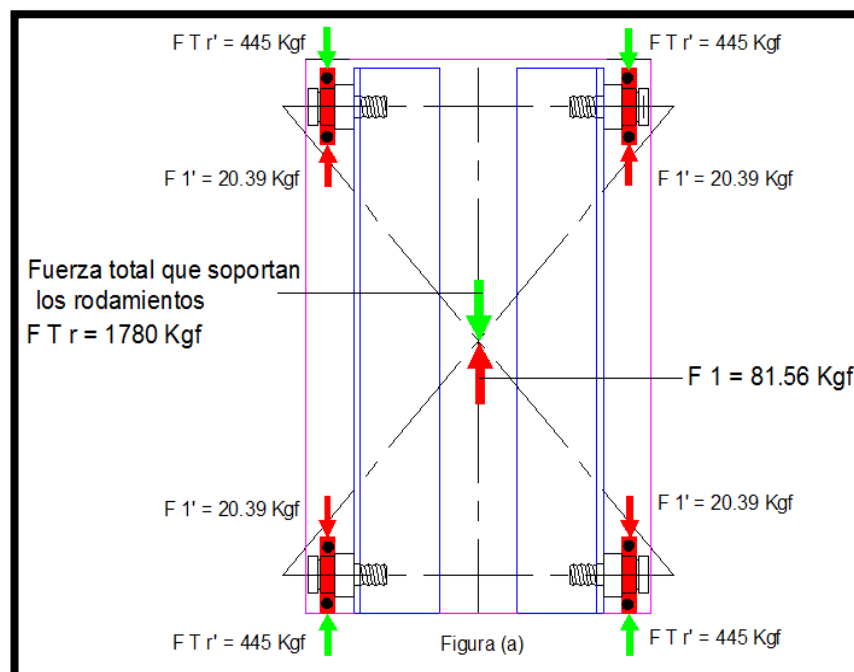
$$F_1 = \frac{300 \text{ Kgf}}{\tan 74.79^\circ}$$

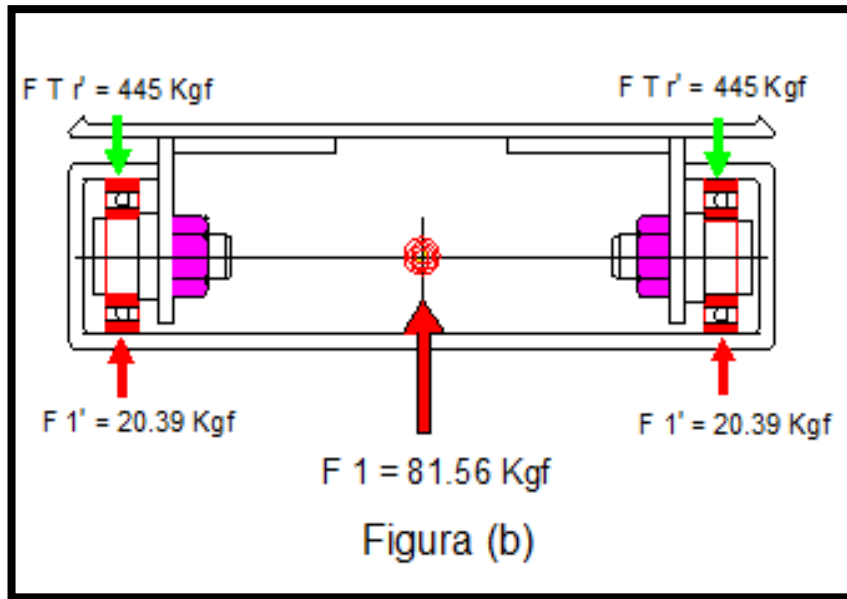
$$F_1 = \frac{300 \text{ Kgf}}{\tan 74.79^\circ}$$

$$F_1 = 81.56 \text{ Kgf}$$

Entonces el valor de carga que debe soportar los rodamientos y sus ejes para que el sistema permanezca en equilibrio es de 81.56 Kgf, que se encuentra en el centro de gravedad del sistema. Es por esta razón que la fuerza  $F_1$  se divide para 4 que son los rodamientos del sistema de deslizamiento como se muestra en la (figura 2.24).

Según referencia (anexo 3), el rodamiento seleccionado soporta una carga dinámica de 810 Kgf y una carga estática de 445 Kgf, lo que quiere decir que cada rodamiento seleccionado soporta 21.82 veces más la fuerza  $F_1 / 4$ , que es igual a  $F_1'$ .

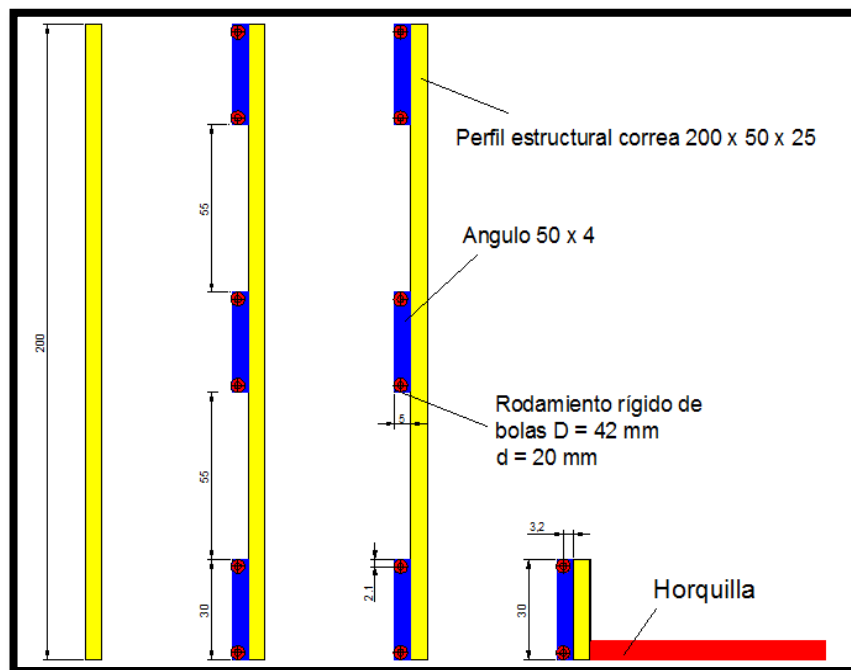




Elaborado por: Autores

Figura 2.24 Diagrama de fuerzas de reacción debido a carga de diseño en rodamientos. Figura (a) vista frontal. Figura (b) vista superior.

En la (figura 2.25) se muestra la ubicación del sistema de deslizamiento de los tramos telescópicos del equipo.



Elaborado por: Autores

Figura 2.25 Sistema de deslizamiento de los tramos telescópicos del equipo [cm]



### 2.11.3 Cálculo del factor de seguridad de los rodamientos

El coeficiente global de seguridad se indica en la siguiente ecuación.

$$n = n_1 * n_2 * n_3 \quad [\text{Ec.02}]$$

Dónde:

$$n_1 = 1.3$$

$$n_2 = 1.28$$

$$n_1 * n_2 = 1.67 \text{ (valor teórico Bresler}^{42}\text{)}$$

$$n_3 = 1.2 \text{ (Reshetov}^{43}\text{)}$$

Resolviendo:

$$n = 1.67 * 1.2$$

$$n = 2$$

Para el diseño de los elementos del dispositivo, se toma como consideración un factor de seguridad promedio  $n = 2$ , de esta manera se asegura que no ocurran fallas durante el funcionamiento normal del sistema para precautelar la integridad de los operarios.

El cálculo del factor de seguridad de los rodamientos tomando en cuenta la componente de la fuerza de diseño y el factor de seguridad global para este equipo (señalado antes), está dado por la siguiente relación:

---

<sup>42</sup> BRESLER, B, *Diseño de Estructuras de Acero*, 1<sup>era</sup>.Ed .Limusa, 1970 . p.43

<sup>43</sup> RESHETOV, *Elementos de Máquinas* , 1<sup>era</sup>.Ed,URSS, Vneshtogst, 1981 . p.18

$$F1 = 81.56 \text{ Kgf}$$

F2 = Capacidad básica de carga estática del rodamiento rígido de bolas

$$F2 = 455 \text{ Kgf}$$

Entonces:

$$x = \frac{455 \text{ Kgf} * 2}{81.56 \text{ Kgf}}$$

$$x = 11.1$$

$n_r = 11.1$  = Factor de seguridad real

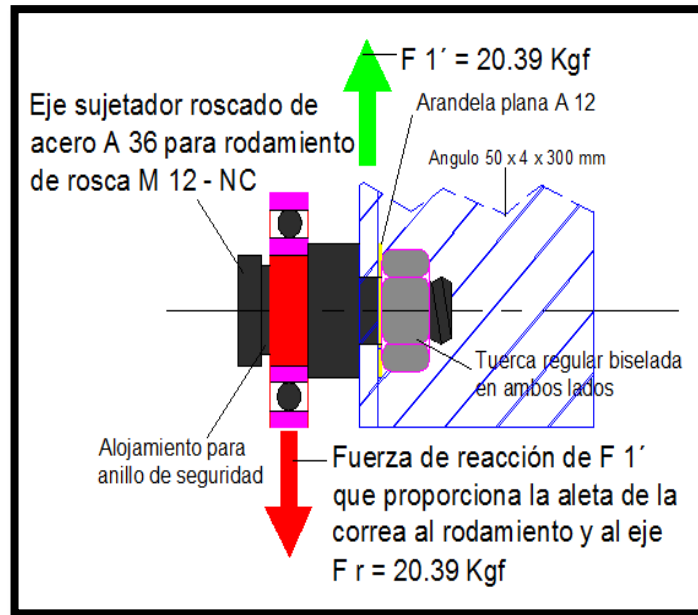
$n = 2$  Factor de seguridad del equipo

$$\mathbf{n_r = 11.1 > n = 2}$$

Estos valores indican que la selección del rodamiento según los parámetros de dimensiones de la correa seleccionada es el correcto para los fines del mecanismo del equipo.

## **2.12 Diseño del eje sujetador roscado para el acoplamiento de rodamientos en los sistemas de deslizamiento**

Una vez determinado y seleccionado el rodamiento para el sistema de deslizamiento, se verifica mediante cálculos si el eje que se muestra en la (figura 2.26), cumple con las condiciones de fuerzas calculadas anteriormente para que el sistema se mantenga en equilibrio y no ocurra fallas en el equipo.



Elaborado por: Autores

Figura 2.26 Diagrama de fuerzas que actúan en eje sujetador roscado del rodamiento

El material que se utiliza en la construcción del eje sujetador roscado de los rodamientos es de acero al carbono ASTM A36, que tiene las siguientes propiedades mecánicas que se detallan a continuación, ver (tabla 2.5).

**Table 2-4  
Applicable ASTM Specifications  
for Plates and Bars**

Steel Type	ASTM Designation	$F_y$ Min. Yield Stress (ksi)	$F_u$ Tensile Stress <sup>a</sup> (ksi)	Plates and Bars												
				to 0.75 incl.	over 0.75 to 1.25	over 1.25 to 1.5	over 1.5 to 2 incl.	over 2 to 2.5 incl.	over 2.5 to 4 incl.	over 4 to 5 incl.	over 5 to 6 incl.	over 6 to 8 incl.	over 8			
Carbon	A36	32	58-80													
		36	58-80													
	A529	Gr. 50	70-100		b	b	b	b								
		Gr. 55	70-100		b	b										
High-Strength Low-Alloy	A572	Gr. 42	60													
		Gr. 50	65													
		Gr. 55	70													
		Gr. 60	75													
		Gr. 65	80													
Corrosion Resistant High-Strength Low-Alloy	A242	42	63													
		46	67													
		50	70													
	A588	42	63													
		46	67													
Quenched and Tempered Alloy	A514 <sup>c</sup>	90	100-130													
		100	110-130													
Quenched and Tempered Low-Alloy	A852 <sup>c</sup>	70	90-110													

= Preferred material specification.  
 = Other applicable material specification, the availability of which should be confirmed prior to specification.  
 = Material specification does not apply.

<sup>a</sup> Minimum unless a range is shown.  
<sup>b</sup> Applicable to bars only above 1-in. thickness.  
<sup>c</sup> Available as plates only.

Fuente: Manual AISC<sup>44</sup>

Tabla 2.5 Especificaciones ASTM para planchas y barras

$F_y$  = Resistencia de fluencia

$F_y$  del acero A 36 = 36 Kpsi

Transformando las unidades del acero A 36 de 36 (Kpsi) a ( $\text{Kgf} / \text{cm}^2$ ) se tiene:

$$F_y = 2536.36 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

$F_u$  = Resistencia última a la tensión

<sup>44</sup> Manual AISC. Op. Cit. Pág. 2-40

$$F_u = 58 \text{ Kpsi}$$

Transformando las unidades del acero A 36 de 58 (Kpsi) a (Kgf / cm<sup>2</sup>) se tiene:

$$F_u = 4086.37 \text{ Kgf / cm}^2$$

En la (figura 2.26), se representa el eje sujetador roscado a cortante y el esfuerzo cortante está dado por:

$$\tau = \frac{F}{A} \quad [\text{Ec.38}]^{45}$$

Donde:

$\tau$  = Esfuerzo cortante en el perno

F = Fuerza que actúa sobre el perno

A = Área de la sección transversal del perno

Datos:

F = 20.39 Kgf , ver (figura 2.26)

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} \text{ ver (figura 2.26)}$$

$$A = \frac{\pi * 12^2}{4}$$

$$A = 113.09 \text{ mm}^2$$

$$A = 0.13 \text{ cm}^2$$

---

<sup>45</sup> BUDYNAS, Richard, y NISBETT, Keith, Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, 9<sup>na</sup>. Edición, Interamericana Editores 2012, México. Pág. 432 - 433

Reemplazando valores en [Ec.38] se obtiene:

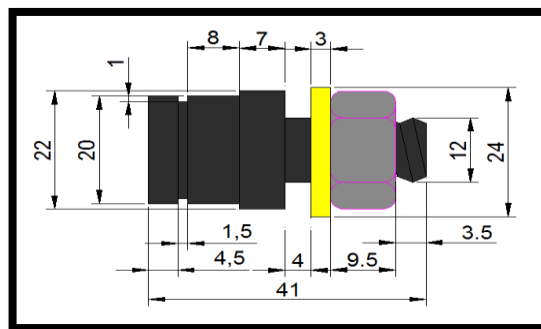
$$\tau = \frac{20.39 \text{ Kgf}}{0.13 \text{ cm}^2}$$

$$\tau = 156.84 \text{ Kgf / cm}^2$$

Entonces el esfuerzo cortante que actúa sobre el eje roscado es de 156.84 Kgf / cm<sup>2</sup>, este valor comparado con las especificaciones ASTM del acero A36 y el dimensionamiento, nos indica que el eje sujetador roscado para los rodamientos es el correcto ya que la resistencia a la fluencia F<sub>y</sub> es 16.17 veces mayor que el esfuerzo cortante y la resistencia última a la tensión F<sub>u</sub> es 26.05 veces mayor que el esfuerzo cortante.

En la (figura 2.27) se muestra las medidas generales del eje sujetador roscado que se fabrica para los sistemas de deslizamiento en una cantidad de 28 unidades.

En el mercado nacional se adquieren 28 rodamientos rígidos de bolas tipo abierto para los tramos telescópicos, 28 arandelas planas, 28 anillos de seguridad y 28 tuercas regulares biseladas en ambos lados.



Elaborado por: Autores

Figura 2.27 Medidas generales del eje sujetador roscado [mm]

El eje se fabrica con una rosca M12 x 1.75 por las medidas del ángulo ASTM A36 50 x 4 mm referencia (anexo 1) donde está ensamblado el eje y para disminuir el costo de fabricación ya que tiene menor valor maquinar, el diámetro mayor del eje de 22 mm a 12 mm que a 10 mm y 8 mm cuyas medidas también satisfacen los

requerimientos de fuerzas de diseño que actúan sobre el eje que se verificó en los cálculos anteriormente realizados.

### 2.12.1 Cálculo de precarga del sujetador roscado del eje del rodamiento

La precarga es la capacidad de mantener firme al perno y determina la resistencia de la unión. La pretensión es el músculo de la unión y su magnitud está determinada por la resistencia del perno, si no se emplea toda la resistencia del perno para desarrollar la pretensión se desperdicia dinero y la unión es más débil.

Bowman recomienda una precarga de 75 por ciento de la carga de prueba.<sup>46</sup>

La siguiente relación recomienda tanto para carga estática como para la de fatiga que se use lo siguiente para la precarga.

$F_i = 0.75 F_p$  para conexiones no permanentes, sujetadores reutilizados<sup>47</sup>

$F_i = 0.90 F_p$  para conexiones permanentes<sup>48</sup>

Donde:

$F_i$  = Precarga

$F_p$  = Carga de prueba que se obtiene mediante la siguiente ecuación.

$$F_p = A_t * S_p \quad [\text{Ec.39}]^{49}$$

Donde:

$F_p$  = Carga de prueba

---

<sup>46</sup> BUDYNAS, Richard, y NISBETT, Keith. Op. Cit. Pág. 422

<sup>47</sup> BUDYNAS, Richard, y NISBETT, Keith. Op. Cit. Pág. 423

<sup>48</sup> BUDYNAS, Richard, y NISBETT, Keith. Op. Cit. Pág. 423

<sup>49</sup> BUDYNAS, Richard, y NISBETT, Keith. Op. Cit. Pág. 423

$A_t$  = Área de esfuerzo de tensión, referencia (tabla 2.6)

$S_p$  = Resistencia de prueba, valor aproximado = 0.85  $F_y$

Diámetro mayor nominal $d$ , mm	Serie de paso grueso			Serie de paso fino		
	Paso $p$ , mm	Área de esfuerzo de tensión $A_t$ , mm <sup>2</sup>	Área del diámetro menor $A_r$ , mm <sup>2</sup>	Paso $p$ , mm	Área de esfuerzo de tensión $A_t$ , mm <sup>2</sup>	Área del diámetro menor $A_r$ , mm <sup>2</sup>
1.6	0.35	1.27	1.07			
2	0.40	2.07	1.79			
2.5	0.45	3.39	2.98			
3	0.5	5.03	4.47			
3.5	0.6	6.78	6.00			
4	0.7	8.78	7.75			
5	0.8	14.2	12.7			
6	1	20.1	17.9			
8	1.25	36.6	32.8	1	39.2	36.0
10	1.5	58.0	52.3	1.25	61.2	56.3
12	1.75	84.3	76.3	1.25	92.1	86.0
14	2	115	104	1.5	125	116
16	2	157	144	1.5	167	157
20	2.5	245	225	1.5	272	259
24	3	353	324	2	384	365
30	3.5	561	519	2	621	596
36	4	817	759	2	915	884
42	4.5	1 120	1 050	2	1 260	1 230
48	5	1 470	1 380	2	1 670	1 630
56	5.5	2 030	1 910	2	2 300	2 250
64	6	2 680	2 520	2	3 030	2 980
72	6	3 460	3 280	2	3 860	3 800
80	6	4 340	4 140	1.5	4 850	4 800
90	6	5 590	5 360	2	6 100	6 020
100	6	6 990	6 740	2	7 560	7 470
110				2	9 180	9 080

\* Las ecuaciones y los datos utilizados para elaborar esta tabla se obtuvieron de la norma ANSI B1.1-1974 y B18.3.1-1978. El diámetro menor se determinó mediante la ecuación  $d_r = d - 1.226869p$ , y el diámetro de paso a partir de  $d_{pp} = d - 0.649519p$ . La media del diámetro de paso y el diámetro menor se usaron para calcular el área de esfuerzo de tensión.

Fuente: Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley<sup>50</sup>

Tabla 2.6 Diámetros y áreas de roscas métricas de paso grueso y fino

Datos:

$A_t = 84.3 \text{ mm}^2$

$A_t = 0.13 \text{ cm}^2$

<sup>50</sup> BUDYNAS, Richard, y NISBETT, Keith. Op. Cit. Pág. 394



$$S_p = 0.85 F_y$$

$$S_p = 0.85 * 2536.36 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

$$S_p = 2155.90 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.39] se obtiene:

$$F_p = 0.13 \text{ cm}^2 * 2155.90 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

$$F_p = 280.26 \text{ Kgf}$$

$$\mathbf{F_i = 0.75 * F_p} \quad [\text{Ec.40}]^{51}$$

Para conexiones no permanentes, sujetadores reutilizados.

Donde:

$F_i$  = Precarga

$F_p$  = Carga de prueba

Datos:

$$F_p = 280.26 \text{ Kgf}$$

Reemplazando valores en [Ec.40] se obtiene:

$$F_i = 0.75 * 280.26 \text{ Kgf}$$

$$F_i = 210.19 \text{ Kgf}$$

---

<sup>51</sup> BUDYNAS, Richard, y NISBETT, Keith. Op. Cit. Pág. 423

Entonces el par de torsión necesario para lograr la precarga está dado por:

$$\mathbf{T = K * F_i * d} \quad [\text{Ec.41}]^{52}$$

Donde:

T = Par de torsión necesario para lograr la precarga

K = Factor del par de torsión, referencia (tabla 2.7)

F<sub>i</sub> = Precarga

d = Diámetro del perno

Datos:

K = 0.30

F<sub>i</sub> = 210.19 Kgf

d = 12 mm = 1.2 cm

Reemplazando valores en [Ec.41] se obtiene:

T = 0.30 \* 210.19 Kgf \* 1.2 cm

T = 75.66 Kgf \* cm

El par de torsión necesario para lograr la precarga es 75.66 Kgf \* cm, este valor garantiza un apriete firme del eje sujetador roscado al ángulo en el sistema de deslizamiento.

---

<sup>52</sup> BUDYNAS, Richard, y NISBETT, Keith. Op. Cit. Pág. 419

Condición del perno	K
Sin recubrimiento, acabado negro	0.30
Galvanizado	0.20
Lubricado	0.18
Con recubrimiento de cadmio	0.16
Con Anti-Seize Bowman	0.12
Con tuercas Bowman-Grip	0.09

Fuente: Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley<sup>53</sup>

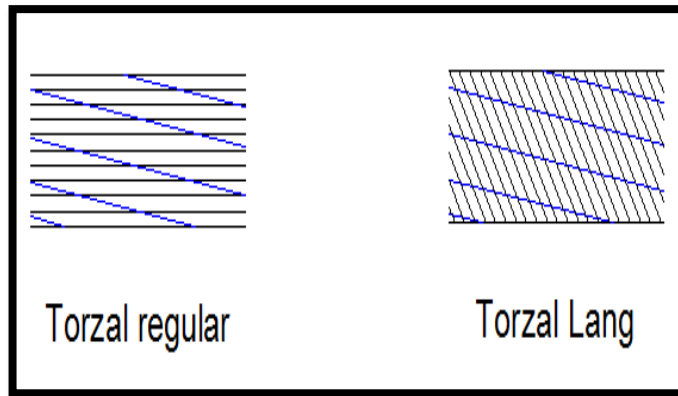
Tabla 2.7 Factores del par de torsión K

### 2.13 Selección y especificación del cable de acero

Los cables de acero se fabrican en dos tipos de arrollamientos, como se ilustra en la (figura 2.28) y son:

- Cable de torzal regular, que es el estándar aceptado, tiene el alambre enrollado en una dirección para construir los toroides y los toroides torcidos en la dirección opuesta, a fin de formar el cable. En el cable terminado, los alambres visibles están colocados casi paralelos al eje del cable. Los cables de torzal regular no se tuercen y son fáciles de manejar.
- Los cables de torzal Lang tienen los alambres en el toroide y los toroides en el cable torcido en la misma dirección, de aquí que los alambres exteriores estén en diagonal a través del eje del cable. Los cables con torzal Lang son más resistentes al desgaste abrasivo y a la falla por fatiga que los cables con torcido regular, pero es más probable que se retuerzan y dejen de entrelazarse.

<sup>53</sup> BUDYNAS, Richard, y NISBETT, Keith. Op. Cit. Pág. 419

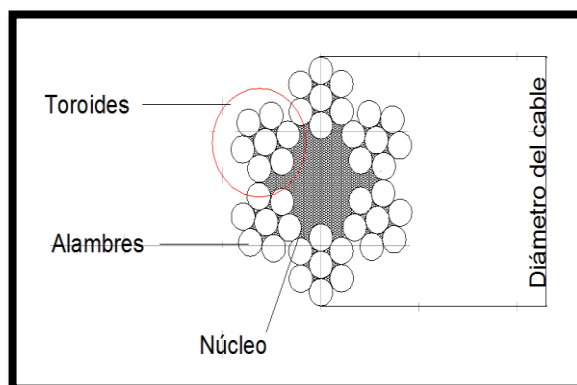


Fuente: Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley

Figura 2.28 Tipos de cables de acero

Los cables estándares se fabrican con núcleo de cáñamo que soporta y lubrica los toroides. Cuando el cable se somete a calor, se debe emplear un centro de acero o un toroide de alambre.

Los cables de acero se designan, de la siguiente manera, como cable de arrastre de 1 1/8 pulg de 6 x 7. El primer número 1 1/8 corresponde al diámetro del cable ver (figura 2.29). El segundo número son los números de toroides y el tercer número es el número de alambres de cada toroide. En la (tabla 2.8) se numera algunos de los diversos tipos de cables disponibles, junto con sus características y propiedades. El área del metal en cables estándar de izar y de arrastre es  $A_m = 0.38 d^2$ , que es el tipo de cable usado en este equipo.



Fuente: Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley

Figura 2.29 Sección de un cable de 6 x 7

Cuando un cable metálico pasa alrededor de una polea se produce cierto reajuste de los elementos. Cada uno de los alambres y toroides debe deslizarse sobre otros y puede ocurrir alguna flexión individual.

Datos de cables metálicos. (Fuente: Compilada de American Steel and Wire Company Handbook.)

Cable	Peso por pie, lbf	Diámetro mínimo de la polea, pulg	Tamaños estándares d, pulg	Material	Tamaño de alambres exteriores	Módulo de elasticidad,* Mpsi	Resistencia, kpsi
De arrastre de 6 x 9	1.50d <sup>2</sup>	42d	1/4 a 1 1/4	Acero monitor	d/9	14	100
				Acero de arado	d/9	14	88
				Acero dulce de arado	d/9	14	76
De izar o estándar de 6 x 19	1.60d <sup>2</sup>	26d-34d	1/4 a 1 1/4	Acero monitor	d/13-d/16	12	106
				Acero de arado	d/13-d/16	12	93
				Acero dulce de arado	d/13-d/16	12	80
Flexible especial de 6 x 37	1.55d <sup>2</sup>	18d	1/4 a 1 1/2	Acero monitor	d/22	11	100
				Acero de arado	d/22	11	88
Extraflexible de 8 x 19	1.45d <sup>2</sup>	21d-26d	1/4 a 1 1/4	Acero monitor	d/15-d/19	10	92
				Acero de arado	d/15-d/19	10	80
Aeronáutico de 7 x 7	1.70d <sup>2</sup>	—	1/4 a 1 1/4	Acero resistente a la corrosión	—	—	124
				Acero al carbono	—	—	124
Aeronáutico de 7 x 9	1.75d <sup>2</sup>	—	1/4 a 1 1/4	Acero resistente a la corrosión	—	—	135
				Acero al carbono	—	—	143
Aeronáutico de 19 alambres	2.15d <sup>2</sup>	—	1/2 a 1 1/2	Acero resistente a la corrosión	—	—	165
				Acero al carbono	—	—	165

\* El módulo de elasticidad sólo es aproximado; es afectado por las cargas en el cable y, en general, se incrementa con la vida del cable.  
† La resistencia se basa en el área nominal del cable. Las cifras dadas sólo son aproximadas y se basan en tamaños de cable de 1 pulg y en cable aeronáutico de 1/4 pulg.

Fuente: Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley<sup>54</sup>

Tabla 2.8 Datos de cables metálicos

### 2.13.1 Dimensionamiento del cable de acero y polea

Según referencia (tabla 2.8), se debe utilizar el cable de izar o estándar de 6 x 19 cuyas características se indica en dicha tabla, con estos valores de la tabla se puede determinar el diámetro mínimo de la polea que está dado por:

$$\text{Diámetro mínimo de la polea (pulg)} = 26 d \text{ hasta } 34 d \quad [\text{Ec.42}]^{55}$$

<sup>54</sup> BUDYNAS, Richard, y NISBETT, Keith. Op. Cit. Pág. 884

<sup>55</sup> BUDYNAS, Richard, y NISBETT, Keith. Op. Cit. Pág. 884

Datos del cable:<sup>56</sup>

Tamaños estándares d (pulg) = ¼ a 1 ¼

Material acero monitor = 106 Kpsi, resistencia a la rotura

Material acero de arado = 93 Kpsi, resistencia a la rotura

Material acero dulce de arado = 80 Kpsi, resistencia a la rotura

Reemplazando valores en la [Ec.42] se obtiene:

Diámetro mínimo de la polea = 26 \* ¼ pulg

Diámetro mínimo de la polea = 6.5 pulg  $\left| \frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ pulg}} \right|$

**Diámetro mínimo de la polea = 16.51 cm = 165.1 mm**

Diámetro mínimo de la polea = 34 \* 1 ¼ pulg

Diámetro mínimo de la polea = 42.5 pulg  $\left| \frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ pulg}} \right|$

**Diámetro mínimo de la polea = 107.95 cm = 1079.5 mm**

Por fines de diseño se debería escoger el cable de d = ¼ y de material acero dulce de arado = 80 Kpsi, resistencia a la rotura. Ya que el diámetro mínimo de la polea es igual 16.51 cm.

El diámetro mínimo de la polea para este cable sobrepasa la medida de alojamiento en los tramos telescópicos, por esta razón se utiliza el **Cable flexible especial de 6 x 37 material acero de arado de resistencia a la rotura de 88 Kpsi**, cuyo diámetro mínimo de la polea se define como se indica a continuación.

---

<sup>56</sup> BUDYNAS, Richard, y NISBETT, Keith. Op. Cit. Pág. 884

$$\text{Diámetro mínimo de la polea (pulg)} = 18 d \quad [\text{Ec.43}]^{57}$$

Datos del cable:

$$\text{Tamaños estándares } d \text{ (pulg)} = \frac{1}{4} \text{ a } 1 \frac{1}{4}^{58}$$

$$\text{Material acero monitor} = 100 \text{ Kpsi, resistencia a la rotura}^{101}$$

$$\text{Material acero de arado} = 93 \text{ Kpsi, resistencia a la rotura}^{101}$$

Reemplazando valores en la [Ec.43] se obtiene:

$$\text{Diámetro mínimo de la polea} = 18 * \frac{1}{4} \text{ pulg}$$

$$\text{Diámetro mínimo de la polea} = 4.5 \text{ pulg} \left| \frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ pulg}} \right|$$

$$\text{Diámetro mínimo de la polea} = 11.43 \text{ cm} = 114.3 \text{ mm}$$

Con este valor de diámetro de polea, se está en los parámetros correctos de alojamiento de estos elementos.

### 2.13.2 Cálculo del factor de seguridad del cable de acero

En la (tabla 2.9), se enumeran factores mínimos de seguridad para cables de acero según su aplicación, para este equipo se tiene un factor de seguridad teórico de 5, que es para elevadores manuales.

---

<sup>57</sup> BUDYNAS, Richard, y NISBETT, Keith. Op. Cit. Pág. 884

<sup>58</sup> BUDYNAS, Richard, y NISBETT, Keith. Op. Cit. Pág. 884

Cables de sujeción	3.2	Elevadores de pasajeros, pies/min:	
Tirantes	3.5	50	7.60
Tiros de mina, pies		300	9.20
Hasta 500	8.0	800	11.25
1 000-2 000	7.0	1 200	11.80
2 000-3 000	6.0	1 500	11.90
Más de 3 000	5.0	Elevadores de carga, pies/min:	
Malacates	5.0	50	6.65
Arrastre	6.0	300	8.20
Grúas y grúas de brazo retráctil	6.0	800	10.00
Malacates eléctricos	7.0	1 200	10.50
Elevadores manuales	5.0	1 500	10.55
Elevadores privados	7.5	Elevadores domésticos automáticos para servicio, ft/min	
Elevadores domésticos para servicio	4.5	50	4.8
Elevadores de granos	7.5	300	6.6
		500	8.0

\* El uso de estos factores no evita una falla por fatiga.

Fuente: Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley <sup>59</sup>

Tabla 2.9 Factores mínimos de seguridad para cables de acero

Los cables flexibles de acero para equipos de arrastre y de elevación de cargas. Según su aplicación, considerando cargas y servicio se tiene:<sup>60</sup>

Grupo I, cables sometidos a cargas parciales y servicio poco frecuente.

Grupo II, cables sometidos a cargas totales y servicio normal.

Grupo III, cables sometidos a cargas totales y servicio frecuente.

El coeficiente de seguridad  $s$  a la rotura de los cables, se establece:

Grupo I,  $s = 6 - 7$

Grupo II,  $s = 7 - 8$

Grupo III,  $s = 8 - 10$

<sup>59</sup> BUDYNAS, Richard, y NISBETT, Keith. Op. Cit. Pág. 885

<sup>60</sup> LARBURU, Nicolás. Máquinas prouuario ,13ª Edición. Editorial Paraninfo, 2009 Madrid España. Pág. 303



La carga de diseño que soporta el cable = 300 Kgf

Considerando el rendimiento del ascensor = 0.95 (por rozamientos)<sup>1</sup>

La carga total que soporta el cable es dada por la siguiente ecuación.

$$\mathbf{F_t = F * \frac{1}{\eta}} \quad [\text{Ec.44}]^{61}$$

Donde:

Ft = Carga total que soporta el cable

F = Carga de diseño que soporta el cable

$\eta$  = Rendimiento del ascensor

Reemplazando valores en la [Ec.44] se obtiene:

$$F_t = 300 \text{ Kgf} * \frac{1}{0.95}$$

$$F_t = 315.78 \text{ Kgf}$$

La carga de rotura del cable se determina por la siguiente ecuación.

$$\mathbf{F_r = F_t * s} \quad [\text{Ec.45}]^{62}$$

Fr = Carga de rotura del cable

Ft = Carga total que soporta el cable

s = Coeficiente de seguridad a la rotura

---

<sup>61</sup> LARBURU, Nicolás. Op. Cit. Pág. 303

<sup>62</sup> LARBURU, Nicolás. Op. Cit. Pág. 303

Datos:

$$F_t = 315.78 \text{ Kgf}$$

s = Grupo II, cables sometidos a cargas totales y servicio normal = 7

Reemplazando valores en la [Ec.45] se obtiene:

$$F_r = 315.78 \text{ Kgf} * 7$$

$$F_r = 2210.46 \text{ Kgf}$$

Pero la resistencia a la rotura real del cable flexible especial de 6 x 37 material acero de arado es de 88 Kpsi.

$$F_r = 88 \text{ Kpsi}$$

$$F_r = 6200.01 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

$$\text{Área de la sección transversal del cable} = \frac{\pi * d^2}{4}$$

$$\text{Área de la sección transversal del cable} = \frac{\pi * 6.35^2 \text{ cm}^2}{4}$$

$$\text{Área de la sección transversal del cable} = 31.66 \text{ cm}^2$$

Entonces:

$$F_r = \frac{6200.01 \text{ Kgf}}{\text{cm}^2} * 31.66 \text{ cm}^2$$

$$F_r = 196292.31 \text{ Kgf}$$

El factor de seguridad del cable está dado por la siguiente ecuación.

$$nr = \frac{Fr}{Ft} \quad [\text{Ec.46}]^{63}$$

Donde:

$nr$  = Factor de seguridad real

$Fr$  = Carga de rotura del cable real

$Ft$  = Carga total que soporta el cable

Datos:

$Fr = 196292.31 \text{ Kgf}$

$Ft = 315.78 \text{ Kgf}$

Reemplazando valores en la [Ec.46] se obtiene:

$$nr = \frac{196292.31 \text{ Kgf}}{315.78 \text{ Kgf}}$$

**$nr = 621.61$**

**$nr = 621.61 > nt = 5$**

Este valor de factor de seguridad real indica que el cálculo anteriormente realizado está sobredimensionando el cable, esto quiere decir que se tiene un alto índice de seguridad y confiabilidad en el cable seleccionado.

## **2.14 Diseño de mecanismos de elevación**

El mecanismo de elevación que está ubicado en cada tramo telescópico se compone de:

---

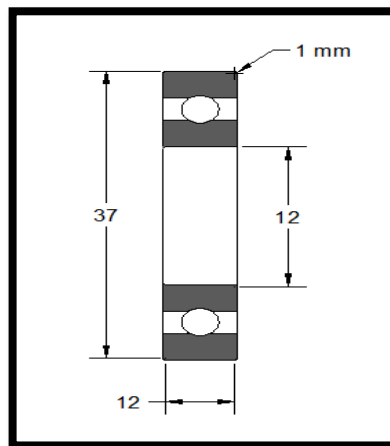
<sup>63</sup> LARBURU, Nicolás. Op. Cit. Pág. 303

- Rodamientos
- Eje roscado para polea
- Arandelas y tuercas

### 2.14.1 Selección del rodamiento para polea

La selección del rodamiento para polea se realiza específicamente por las medidas de alojamiento que nos proporcionan las columnas, el sistema de deslizamiento y la carga de diseño de 300 Kgf.

El rodamiento seleccionado es de las siguientes características según referencia (anexo 3) y (figura 2.30).



Fuente: Rodamientos Rígidos de Bolas NTN

Figura 2.30 Rodamiento 6301

Capacidad de carga dinámica = 990 Kgf <sup>64</sup>

Capacidad de carga estática = 425 Kgf <sup>64</sup>

Velocidad límite grasa tipo abierto = 20000 Kgf <sup>64</sup>

<sup>64</sup> CATALOGO, Rodamientos Rígidos de Bolas NTN

Si el valor de carga que debe soportar los rodamientos en el sistema de elevación es de 300 Kgf y la capacidad de carga estática que posee el rodamiento seleccionado es de 425 Kgf se concluye que el rodamiento es el correcto.

#### **2.14.2 Cálculo del factor de seguridad de los rodamientos**

El cálculo del factor de seguridad de los rodamientos tomando en cuenta la carga de diseño y la carga estática que soporta el rodamiento. Está dado por la siguiente relación:

$$F = 300 \text{ Kgf}$$

$$F' = \text{Capacidad básica de carga estática del rodamiento rígido de bolas}$$

$$F' = 425 \text{ Kgf}$$

Entonces:

$$x = \frac{425 \text{ Kgf}}{300 \text{ Kgf}}$$

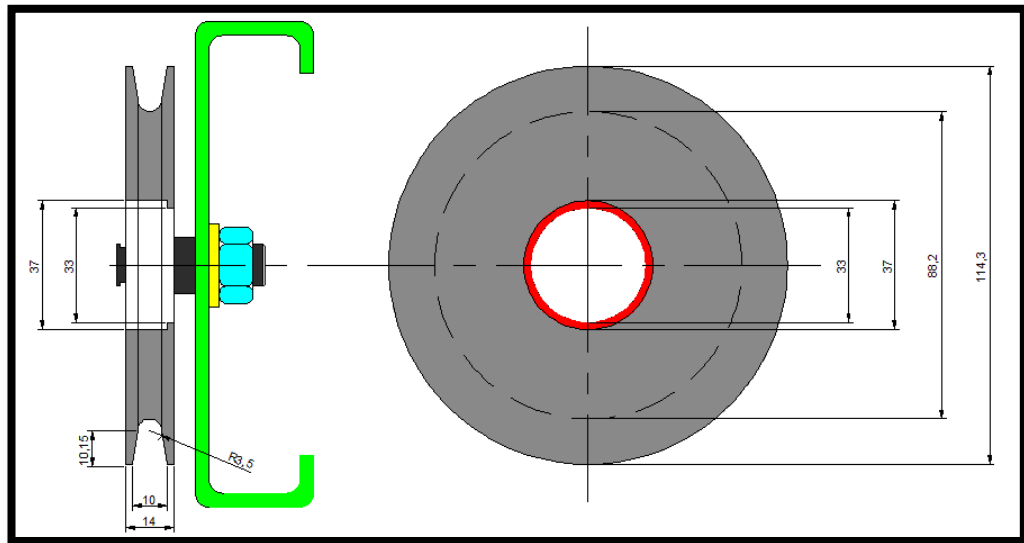
$$x = 1.41$$

Este valores indica que la selección del rodamiento según los parámetros de dimensiones de la columna, el sistema de deslizamiento y la carga de diseño es el correcto para los fines del mecanismo del equipo ya que soporta 1.41 veces la carga de diseño. En el mercado nacional se adquieren 2 rodamientos rígidos de bolas tipo abierto de numeración 6301.

#### **2.15 Dimensionamiento de poleas del sistema de elevación**

Una vez ya calculado el diámetro mínimo de la polea en el tema del dimensionamiento del cable ver (páginas 92, 93 y 94), seleccionado el rodamiento se continua con el dimensionamiento. Ver (figura 2.31), en la cual se muestra las

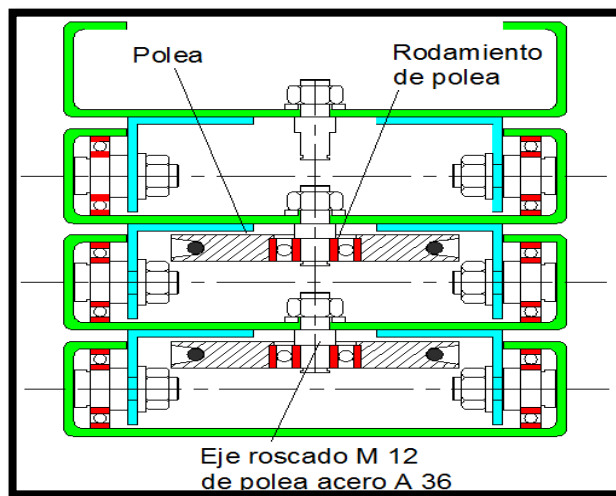
medidas principales de la polea, las que se ajusta a los parámetros de alojamiento de los tramos telescópicos. Ver (figura 2.32).



Elaborado por: Autores

Figura 2.31 Polea del sistema de elevación [mm]

Las poleas están fabricadas de Acero ASTM A 36, en una cantidad de 2 unidades cuyas especificaciones se han analizado a lo largo de todo este trabajo de tesis, el dimensionamiento de las poleas se basa en las medidas de alojamiento que poseen los tramos telescópicos del equipo ya diseñados anteriormente.

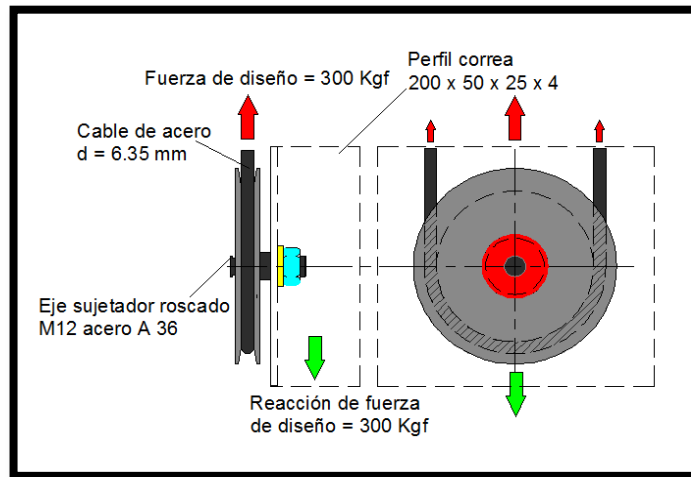


Elaborado por: Autores

Figura 2.32 Polea y tramos telescópicos

## 2.16 Diseño del eje sujetador roscado para polea del mecanismo de elevación

Una vez seleccionado el rodamiento para polea y dimensionada la polea del mecanismo de elevación, se verifica mediante cálculos si el eje cumple con las condiciones de fuerzas mostradas en la (figura 2.33), para que el sistema se mantenga en equilibrio.



Elaborado por: Autores

Figura 2.33 Diagrama de fuerzas que actúan en eje sujetador roscado del rodamiento y polea

El material que se utiliza en la construcción del eje sujetador roscado del rodamiento y polea es de acero al carbono ASTM A36, que tiene las siguientes propiedades mecánicas que se detallan a continuación, referencia (tabla 2.4).

$F_y$  = Resistencia de fluencia

$F_y$  del acero A 36 = 36 Kpsi

Transformando las unidades del acero A 36 de 36 (Kpsi) a ( $\text{Kgf} / \text{cm}^2$ ) se tiene:

$$F_y = 2536.36 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

$F_u$  = Resistencia última a la tensión

$$F_u = 58 \text{ Kpsi}$$

Transformando las unidades del acero A 36 de 58 (Kpsi) a (Kgf / cm<sup>2</sup>) se tiene:

$$F_u = 4086.37 \text{ Kgf / cm}^2$$

En la (figura 2.33), se representa el eje sujetador roscado a cortante y el esfuerzo cortante está dado por:

$$\tau = \frac{F}{A} \quad [\text{Ec.38}]$$

Donde:

$\tau$  = Esfuerzo cortante en el perno

F = Fuerza que actúa sobre el perno

A = Área de la sección transversal del perno

Datos:

F = 300 Kgf , ver (figura 3.33)

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} \text{ ver (figura 3.33)}$$

$$A = \frac{\pi * 12^2}{4}$$

$$A = 113.09 \text{ mm}^2$$

$$A = 1.13 \text{ cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.38] se obtiene:



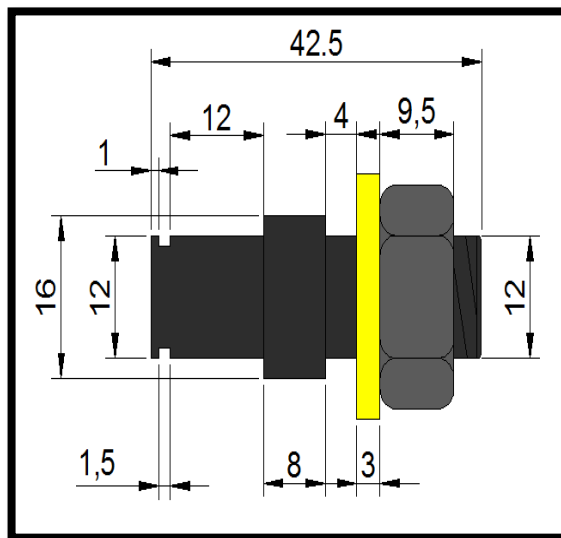
$$\tau = \frac{300 \text{ Kgf}}{1.13 \text{ cm}^2}$$

$$\tau = 265.48 \text{ Kgf / cm}^2$$

Entonces el esfuerzo cortante que actúa sobre el eje roscado es de 265.48 Kgf / cm<sup>2</sup>, este valor comparado con las especificaciones ASTM del acero A36 y el dimensionamiento, indica que el eje sujetador roscado para los rodamientos y polea es el correcto ya que la resistencia a la fluencia Fy es 9.55 veces mayor que el esfuerzo cortante y la resistencia última a la tensión Fu es 15.39 veces mayor que el esfuerzo cortante.

En la (figura 2.34), se muestra las medidas generales del eje sujetador roscado que se fabrica para los sistemas de elevación en una cantidad de 3 unidades.

En el mercado nacional se adquieren 3 arandelas planas, 3 anillos de seguridad y 3 tuercas regulares biseladas en ambos lados.



Elaborado por: Autores

Figura 2.34 Medidas generales del eje sujetador roscado de rodamiento y polea [mm]

### 2.16.1 Cálculo de precarga del sujetador roscado del eje de rodamiento y polea

Bowman recomienda una precarga de 75 por ciento de la carga de prueba.

La siguiente relación recomienda tanto para carga estática como para la de fatiga que se use lo siguiente para la precarga.

$F_i = 0.75 F_p$  para conexiones no permanentes, sujetadores reutilizados

$F_i = 0.90 F_p$  para conexiones permanentes

Donde:

$F_i$  = Precarga

$F_p$  = Carga de prueba que se obtiene mediante la ecuación:

$$F_p = A_t * S_p \quad [\text{Ec.39}]$$

Donde:

$F_p$  = Carga de prueba

$A_t$  = Área de esfuerzo de tensión, referencia (tabla 2.6)

$S_p$  = Resistencia de prueba, valor aproximado =  $0.85 F_y$

Datos:

$A_t = 84.3 \text{ mm}^2$

$A_t = 0.13 \text{ cm}^2$

$S_p = 0.85 F_y$

$S_p = 0.85 * 2536.36 \text{ Kgf / cm}^2$

$$Sp = 2155.90 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.39] se obtiene:

$$Fp = 0.13 \text{ cm}^2 * 2155.90 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

$$Fp = 280.26 \text{ Kgf}$$

$$\mathbf{Fi = 0.75 * Fp} \quad [\text{Ec.40}]$$

Para conexiones no permanentes, sujetadores reutilizados.

Donde:

Fi = Precarga

Fp = Carga de prueba

Datos:

$$Fp = 280.26 \text{ Kgf}$$

Reemplazando valores en [Ec.40] se obtiene:

$$Fi = 0.75 * 280.26 \text{ Kgf}$$

$$Fi = 210.19 \text{ Kgf}$$

Entonces el par de torsión necesario para lograr la precarga está dado por:

$$\mathbf{T = K * Fi * d} \quad [\text{Ec.41}]$$

Donde:

$T$  = Par de torsión necesario para lograr la precarga

$K$  = Factor del par de torsión, referencia (tabla 2.7)

$F_i$  = Precarga

$d$  = Diámetro del perno

Datos:

$K = 0.30$

$F_i = 210.19 \text{ Kgf}$

$d = 12 \text{ mm} = 1.2 \text{ cm}$

Reemplazando valores en [Ec.41] se obtiene:

$T = 0.30 * 210.19 \text{ Kgf} * 1.2 \text{ cm}$

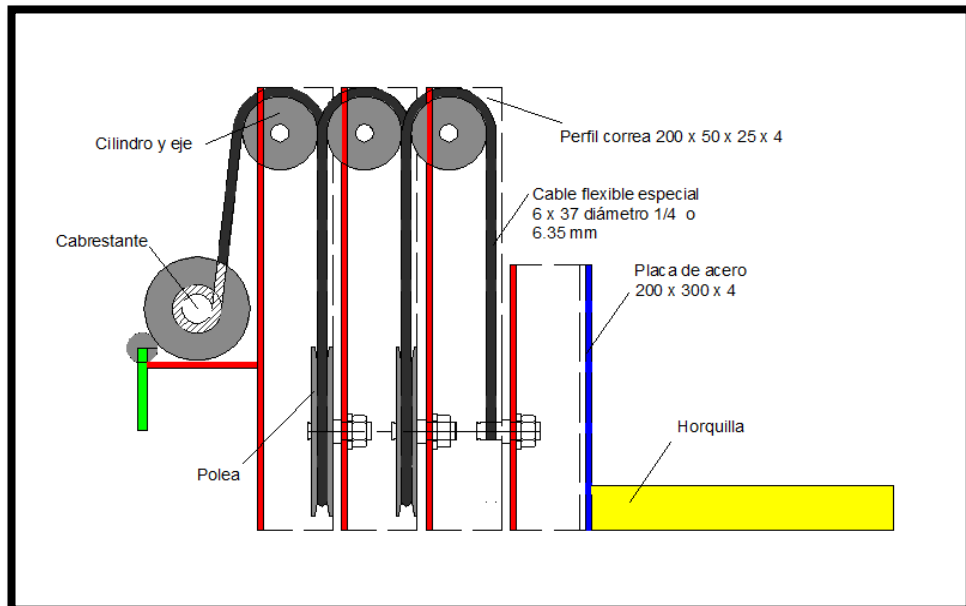
$T = 75.66 \text{ Kgf} * \text{cm}$

El par de torsión necesario para lograr la precarga es  $75.66 \text{ Kgf} * \text{cm}$ , este valor garantiza un apriete firme del eje sujetador roscado al perfil correa en el sistema de elevación.

### **2.17 Diseño y dimensionamiento de cilindro y eje con rosca interior del mecanismo de elevación**

En la (figura 2.35) se muestra la ubicación de este cilindro y eje del mecanismo de elevación, el cual sirve de apoyo y guiamiento del cable de acero hacia la polea que

es la que permite que eleve los tramos telescópicos, por la fuerza que genera el cabrestante al cable de acero y este al mecanismo de elevación.



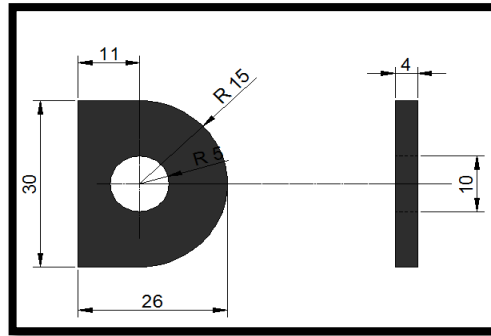
Elaborado por: Autores

Figura 2.35 Ubicación del cilindro en el mecanismo de elevación

El cilindro está sujeto al eje y al tramo telescópico por:

- Placas de acero soldadas al tramo telescópico
- Rodamientos
- Eje
- Pernos

Las placas de acero ASTM A36 referencia (anexo 1) plancha de acero, tienen las siguientes dimensiones como se muestra en la (figura 2.36), debido al alojamiento que proporciona el perfil correa del tramo telescópico las cuales sirven de apoyo del eje del cilindro.



Elaborado por: Autores

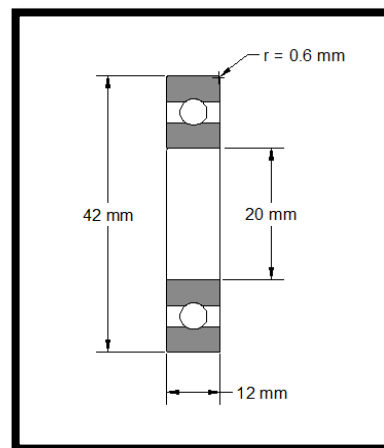
Figura 2.36 Placas de acero [mm]

Se fabrican 6 placas de acero las cuales van soldadas a los tramos telescópicos donde están acoplados los ejes y los cilindros.

### 2.17.1 Selección del rodamiento para eje del cilindro

La elección del rodamiento para el eje del cilindro se realiza específicamente por las medidas de alojamiento que nos proporcionan las columnas, el sistema de deslizamiento, la ubicación de las poleas y la carga de diseño de 300 Kgf.

El rodamiento escogido es de las siguientes características, referencia (anexo 3) y (figura 2.37).



Fuente: Rodamientos Rígidos de Bolas NTN

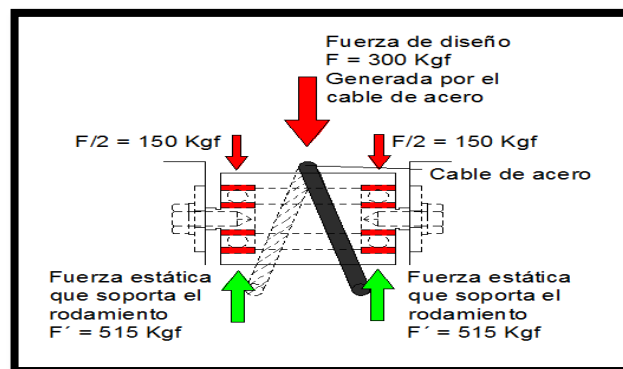
Figura 2.37 Rodamiento 6004

Capacidad de carga dinámica = 955 Kgf

Capacidad de carga estática = 515 Kgf

Velocidad límite grasa tipo abierto = 18000 rpm

Si el valor de carga que debe soportar los rodamientos en el sistema de elevación es de 300 Kgf como son dos rodamientos ubicados en el eje, como se muestra en la (figura 2.38). Entonces cada rodamiento debe soportar 150 Kgf y la capacidad de carga estática que posee cada rodamiento seleccionado es de 515 Kgf se puede concluir que el rodamiento es el correcto.



Elaborado por: Autores

Figura 2.38 Diagrama de fuerzas en rodamientos

### 2.17.2 Cálculo del factor de seguridad de los rodamientos

El cálculo del factor de seguridad de los rodamientos tomando en cuenta la carga de diseño dividida para 2 rodamientos y la carga estática que soporta el rodamiento. Está dado por la siguiente relación:

$$F/2 = 150 \text{ Kgf}$$

$F'$  = Capacidad básica de carga estática del rodamiento rígido de bolas

$$F' = 515 \text{ Kgf}$$

Entonces:

$$x = \frac{515 \text{ Kgf}}{150 \text{ Kgf}}$$

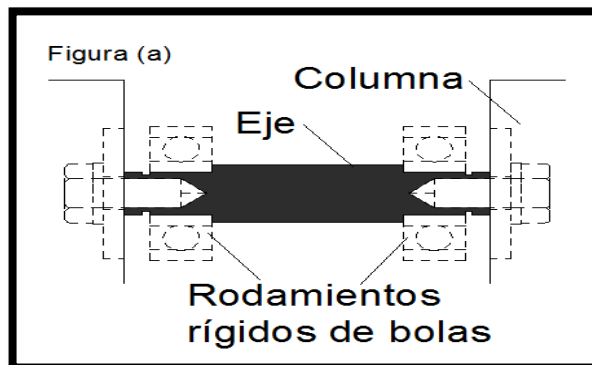
$$x = 3.43$$

Este valor indica que la selección del rodamiento según los parámetros de dimensiones de la columna, el sistema de deslizamiento, la ubicación de la polea y la carga de diseño es el correcto para los fines del mecanismo del equipo ya que soporta 3.43 veces la carga de diseño.

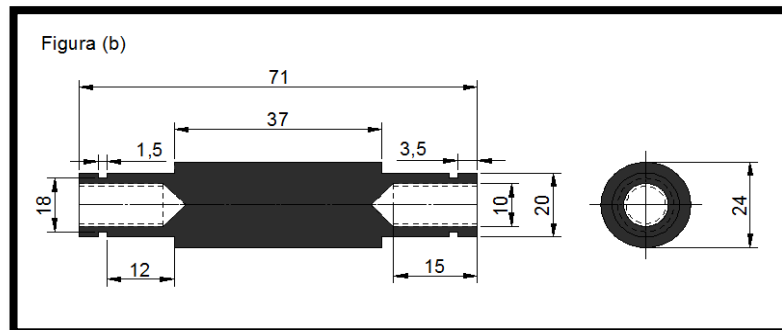
En el mercado nacional se adquieren 6 rodamientos rígidos de bolas de tipo abierto de numeración 6004

### 2.17.3 Dimensionamiento de eje del cilindro

En la (figura 2.39b), se muestra el dimensionamiento del eje del cilindro en base al rodamiento seleccionado.



Elaborado por: Autores



Elaborado por: Autores

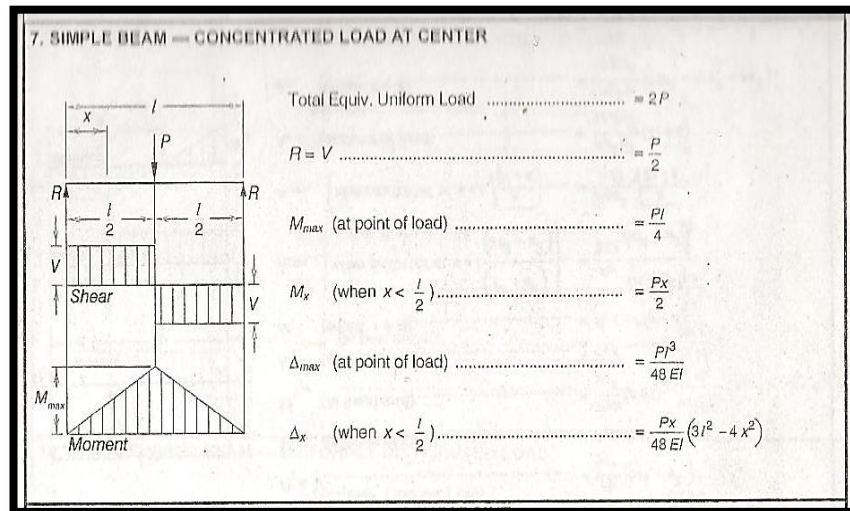
Figura 2.39 Eje de cilindro (figura (a) vista general), (figura (b) dimensionamiento)

[mm]



## 2.17.4 Cálculos del eje de cilindro

La formulación para los cálculos y verificación del eje del cilindro se realizó en base al manual de la AISC y el método ASD específicamente de una viga simplemente apoyada con una carga concentrada en el centro, cuya carga es la de diseño de 300 Kgf como se muestra en la (figura 2.40).



Fuente: Manual AISC<sup>65</sup>

Figura 2.40 Viga simple – carga concentrada en el centro

$$\mathbf{Fb} = \frac{\mathbf{Mmáx}}{\mathbf{Sy}} \quad [\text{Ec.06}]$$

Donde:

$\mathbf{Fb}$  = Esfuerzo admisible a flexión [Kg / cm<sup>2</sup>]

$\mathbf{Mmáx}$  = Momento máximo [Kgf \* cm]

$\mathbf{Sy}$  = Módulo de sección [cm<sup>3</sup>]

$$\mathbf{Fb} = \mathbf{0.4} * \mathbf{Fy} \quad [\text{Ec.07}]$$

<sup>65</sup> Manual AISC. Op. Cit. Pág. 3-213

Donde:

$F_b$  = Esfuerzo admisible a flexión [Kgf / cm<sup>2</sup>]

$F_y$  = Esfuerzo admisible del material [Kgf / cm<sup>2</sup>]

0.4 = Constante de la fórmula

$$M_{\text{máx}} = \frac{P \cdot l}{4} \quad [\text{Ec.47}]^{66}$$

Donde:

$M_{\text{máx}}$  = Momento máximo [Kgf \* cm]

$P$  = Carga de diseño [Kgf]

$l$  = Longitud del elemento [cm]

$$S_y = \frac{M_{\text{máx}}}{F_b} \quad [\text{Ec.09}]$$

Donde:

$S_y$  = Módulo de sección [cm<sup>3</sup>]

$M_{\text{máx}}$  = Momento máximo [Kgf \* cm]

$F_b$  = Esfuerzo admisible a flexión [Kgf / cm<sup>2</sup>]

Datos:

$F_y$  del acero A 36 = 36 Kpsi, ver (tabla 2.5)

---

<sup>66</sup> Manual AISC. Op. Cit. Pág. 3-213

$$P = 300 \text{ Kgf}$$

$$l = 71\text{mm} = 7.1 \text{ cm}$$

Transformando las unidades del acero A 36 de 36 (Kpsi) a (Kgf / cm<sup>2</sup>) se tiene:

$$F_y = 2536.36 \text{ Kgf / cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.07] se obtiene:

$$F_b = 0.4 * 2536.36 \text{ Kgf / cm}^2$$

$$F_b = 1014.54 \text{ Kgf / cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.47] se obtiene:

$$M_{\text{máx}} = \frac{300 \text{ Kgf} * 7.1 \text{ cm}}{4}$$

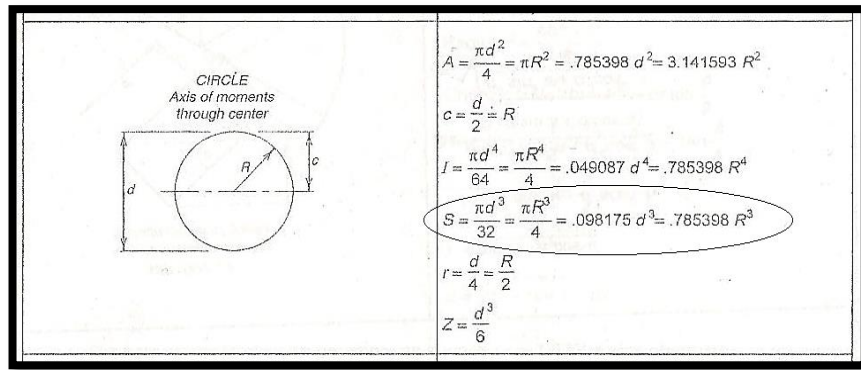
$$M_{\text{máx}} = 532.5 \text{ Kgf} * \text{cm}$$

Reemplazando valores en [Ec.09] se obtiene:

$$S_y = \frac{532.5 \text{ Kgf} * \text{cm}}{1014.54 \text{ Kgf/cm}^2}$$

$$S_y = 0.52 \text{ cm}^3$$

Este valor de módulo de sección se compara con el módulo de sección real del eje que está dado por la [Ec. 48]. Ver (figura 2.41).



Fuente: Manual AISC<sup>67</sup>

Figura 2.41 Propiedades geométricas de secciones

$$S_y = \frac{\pi * d^3}{32} \quad [Ec.48]^{68}$$

Donde:

$S_y$  = Módulo de sección [cm<sup>3</sup>]

$d$  = Diámetro menor de la sección del eje [cm]

Datos:

$d = 20 \text{ mm} = 2 \text{ cm}$

Reemplazando valores en [Ec.48] se obtiene:

$$S_y = \frac{\pi * 2^3 \text{cm}^3}{32}$$

$$S_y = 0.78 \text{ cm}^3$$

Comparado este valor de módulo de sección real de  $S_y = 0.78 \text{ cm}^3$  y el módulo de sección requerido ya calculado de  $S_y = 0.52 \text{ cm}^3$  se concluye que el eje está en los parámetros correctos, en base a la fuerza de diseño.

<sup>67</sup> Manual AISC. Op. Cit. Pág. 17-39

<sup>68</sup> Manual AISC. Op. Cit. Pág. 17-39

### 3.17.4.1 Cálculo del factor de seguridad teórico y real del eje de cilindro

El factor de seguridad para el caso del método que se utilizará para el diseño de los elementos mecánicos será el de tipo A.S.D, cuyas siglas traducidas se refieren al diseño mediante esfuerzos permisibles y se calcula como sigue a continuación.

$$nt = \frac{Fy}{Fb} \quad [\text{Ec.10}]$$

Donde:

$nt$  = Factor de seguridad teórico

$Fy$  = Esfuerzo admisible del material [Kgf / cm<sup>2</sup>]

$Fb$  = Esfuerzo admisible a flexión [Kgf / cm<sup>2</sup>]

Datos:

$$Fy = 2536.36 \text{ Kgf / cm}^2$$

$$Fb = 1014.54 \text{ Kgf / cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.10] se obtiene:

$$nt = \frac{2536.36 \text{ Kgf/cm}^2}{1014.54 \text{ Kgf /cm}^2}$$

$$nt = 2.5$$

Con el módulo de sección real del eje de cilindro se realiza el cálculo del factor de seguridad real y se compara con el factor de seguridad teórico ya calculado, verificando si está en los parámetros correctos de seguridad.

$$S_y = \frac{M_{\text{máx}}}{F_b} \quad [\text{Ec.09}]$$

Despejando  $F_b$  en la [Ec.09] se tiene:

$$F_b = \frac{M_{\text{máx}}}{S_y} \quad [\text{Ec.11}]$$

Datos:

$$M_{\text{máx}} = 532.5 \text{ Kgf} \cdot \text{cm}$$

$$S_y (\text{real}) = 0.78 \text{ cm}^3$$

Reemplazando valores en [Ec.11] se obtiene:

$$F_b = \frac{532.5 \text{ Kgf} \cdot \text{cm}}{0.78 \text{ cm}^3}$$

$$F_b = 682.69 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

Una vez calculado el esfuerzo admisible a flexión  $F_b$  y reemplazando valores en [Ec.12] se obtiene:

$$n_r = \frac{F_y}{F_b} \quad [\text{Ec.12}]$$

Donde:

$n_r$  = Factor de seguridad real

$F_y$  = Esfuerzo admisible del material  $[\text{Kgf} / \text{cm}^2]$

$F_b$  = Esfuerzo admisible a flexión real  $[\text{Kgf} / \text{cm}^2]$

Datos:

$$F_y = 2536.36 \text{ Kgf / cm}^2$$

$$F_b = 682.69 \text{ Kgf / cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.12] se obtiene:

$$n_r = \frac{2536.36 \text{ Kgf/cm}^2}{682.69 \text{ Kgf / cm}^2}$$

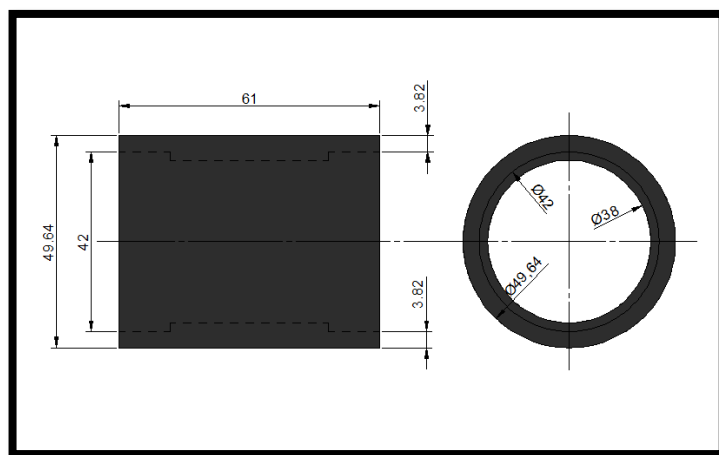
$$n_r = 3.71$$

$$n_r = 3.71 > n_t = 2.5 \approx n \text{ considerado} = 2$$

Con este valor de factor de seguridad se concluye que el diseño del eje del cilindro está en los parámetros correctos de seguridad.

### 2.17.5 Dimensionamiento del cilindro

En la (figura 2.42), se muestra el dimensionamiento del cilindro en base al rodamiento seleccionado y eje anteriormente dimensionado.



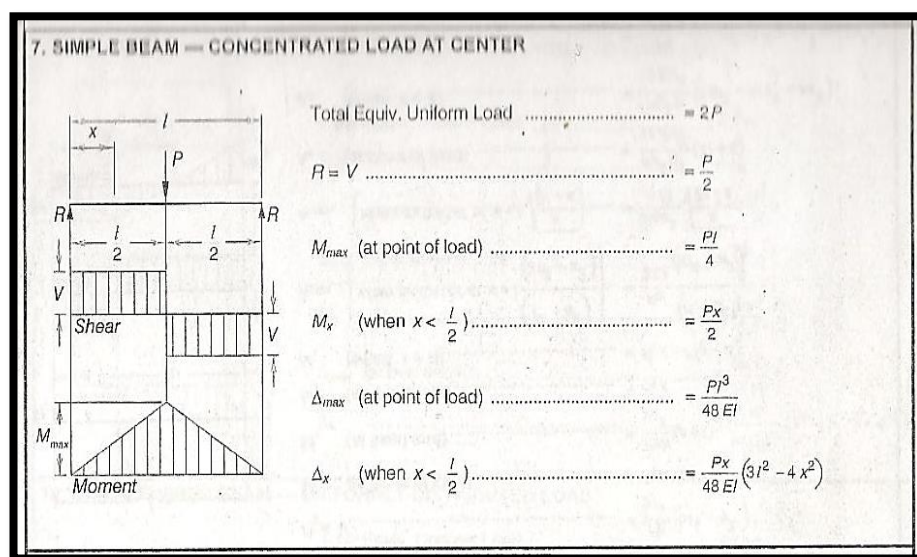
Elaborado por: Autores

Figura 2.42 Cilindro [mm]

Una vez dimensionado el cilindro se verifica mediante cálculos que se detallan a continuación si el elemento antes mencionado cumple con las expectativas de diseño.

### 2.17.6 Cálculos del cilindro

La formulación para los cálculos y verificación del cilindro se realizó en base al manual de la AISC y el método ASD específicamente de una viga simplemente apoyada con una carga concentrada en el centro, cuya carga es la de diseño de 300 Kgf como se muestra en la (figura 2.43).



Fuente: Manual AISC<sup>69</sup>

Figura 2.43 Viga simple – carga concentrada en el centro

$$F_b = \frac{M_{\text{máx}}}{S_y} \quad [\text{Ec.06}]$$

Donde:

$F_b$  = Esfuerzo admisible a flexión [Kg / cm<sup>2</sup>]

$M_{\text{máx}}$  = Momento máximo [Kgf \* cm]

<sup>69</sup> Manual AISC. Op. Cit. Pág. 3-213



$S_y$  = Módulo de sección [cm<sup>3</sup>]

$$F_b = 0.4 * F_y \quad [Ec.07]$$

Donde:

$F_b$  = Esfuerzo admisible a flexión [Kgf / cm<sup>2</sup>]

$F_y$  = Esfuerzo admisible del material [Kgf / cm<sup>2</sup>]

0.4 = Constante de la fórmula

$$M_{m\acute{a}x} = \frac{P * l}{4} \quad [Ec.47]$$

Donde:

$M_{m\acute{a}x}$  = Momento máximo [Kgf \* cm]

$P$  = Carga de diseño [Kgf]

$l$  = Longitud del elemento [cm]

$$S_y = \frac{M_{m\acute{a}x}}{F_b} \quad [Ec.09]$$

Donde:

$S_y$  = Módulo de sección [cm<sup>3</sup>]

$M_{m\acute{a}x}$  = Momento máximo [Kgf \* cm]

$F_b$  = Esfuerzo admisible a flexión [Kgf / cm<sup>2</sup>]

Datos:

Fy del acero A 36 = 36 Kpsi, ver (tabla 2.5)

$$P = 300 \text{ Kgf}$$

$$l = 61\text{mm} = 6.1 \text{ cm}$$

Transformando las unidades del acero A 36 de 36 (Kpsi) a (Kgf / cm<sup>2</sup>) se tiene:

$$F_y = 2536.36 \text{ Kgf / cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.07] se obtiene:

$$F_b = 0.4 * 2536.36 \text{ Kgf / cm}^2$$

$$F_b = 1014.54 \text{ Kgf / cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.47] se obtiene:

$$M_{\text{máx}} = \frac{300 \text{ Kgf} * 6.1 \text{ cm}}{4}$$

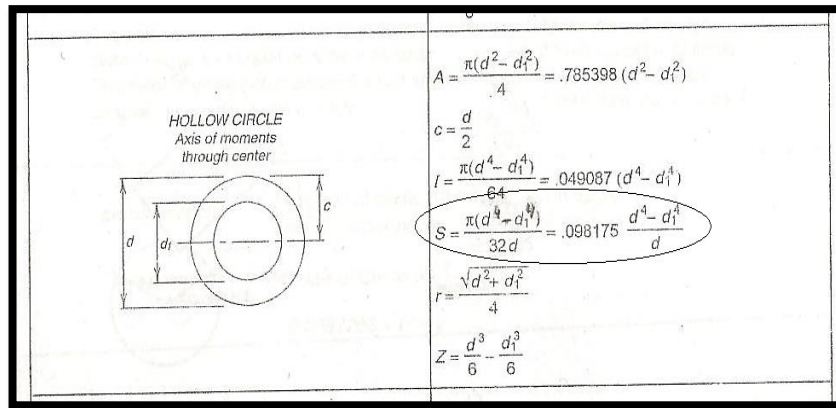
$$M_{\text{máx}} = 457.5 \text{ Kgf} * \text{cm}$$

Reemplazando valores en [Ec.09] se obtiene:

$$S_y = \frac{457.5 \text{ Kgf} * \text{cm}}{1014.54 \text{ Kgf/cm}^2}$$

$$S_y = 0.45 \text{ cm}^3$$

Este valor de módulo de sección se compara el módulo de sección real del eje que está dado por la [Ec. 49], ver (figura 2.44).



Fuente: Manual AISC<sup>70</sup>

Figura 2.44 Propiedades geométricas de secciones

$$S_y = \frac{\pi * (d^4 - d_1^4)}{32 * d} \quad [\text{Ec.49}]^{122}$$

Donde:

$S_y$  = Módulo de sección [cm<sup>3</sup>]

$d$  = Diámetro mayor de la sección del cilindro [cm]

$d_1$  = Diámetro menor de la sección del cilindro [cm]

Datos:

$d = 49.64 \text{ mm} = 4.964 \text{ cm}$ , ver (figura 2.40).

$d_1 = 38 \text{ mm} = 3.8 \text{ cm}$ , ver (figura 2.40).

Reemplazando valores en [Ec.49] se obtiene:

$$S_y = \frac{\pi * (4.964 \text{ cm})^4 - (3.8 \text{ cm})^4}{32 * 4.964 \text{ cm}}$$

<sup>70</sup> Manual AISC. Op. Cit. Pág. 17-39

$$S_y = 0.48 \text{ cm}^3$$

Comparado este valor de módulo de sección real de  $S_y = 0.48 \text{ cm}^3$  y el módulo de sección requerido ya calculado de  $S_y = 0.45 \text{ cm}^3$  se concluye que el cilindro está en los parámetros correctos, en base a la fuerza de diseño.

### 2.17.6.1 Cálculo del factor de seguridad teórico y real del cilindro

El factor de seguridad para el caso del método que se utilizará para el diseño de los elementos mecánicos será el de tipo A.S.D, cuyas siglas traducidas se refieren al diseño mediante esfuerzos permisibles y se calcula como sigue a continuación.

$$n_t = \frac{F_y}{F_b} \quad [\text{Ec.10}]$$

Donde:

$n_t$  = Factor de seguridad teórico

$F_y$  = Esfuerzo admisible del material [Kgf / cm<sup>2</sup>]

$F_b$  = Esfuerzo admisible a flexión [Kgf / cm<sup>2</sup>]

Datos:

$$F_y = 2536.36 \text{ Kgf / cm}^2$$

$$F_b = 1014.54 \text{ Kgf / cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.10] se obtiene:

$$n_t = \frac{2536.36 \text{ Kgf/cm}^2}{1014.54 \text{ Kgf /cm}^2}$$

$$n_t = 2.5$$

Con el módulo de sección real del eje de cilindro se calcula el factor de seguridad real, se compara con el factor de seguridad teórico ya calculado y se verifica si se encuentra en los parámetros correctos de seguridad.

$$S_y = \frac{M_{\text{máx}}}{F_b} \quad [\text{Ec.09}]$$

Despejando  $F_b$  en la [Ec.09] se tiene:

$$F_b = \frac{M_{\text{máx}}}{S_y} \quad [\text{Ec.11}]$$

Datos:

$$M_{\text{máx}} = 457.5 \text{ Kgf} * \text{cm}$$

$$S_y (\text{real}) = 0.48 \text{ cm}^3$$

Reemplazando valores en [Ec.11] se obtiene:

$$F_b = \frac{457.5 \text{ Kgf} * \text{cm}}{0.48 \text{ cm}^3}$$

$$F_b = 953.12 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

Una vez calculado el esfuerzo admisible a flexión  $F_b$  y reemplazando valores en [Ec.12] se obtiene:

$$n_r = \frac{F_y}{F_b} \quad [\text{Ec.12}]$$

Donde:

$n_r$  = Factor de seguridad real

$F_y =$  Esfuerzo admisible del material [Kgf / cm<sup>2</sup>]

$F_b =$  Esfuerzo admisible a flexión real [Kgf / cm<sup>2</sup>]

Datos:

$$F_y = 2536.36 \text{ Kgf / cm}^2$$

$$F_b = 953.12 \text{ Kgf / cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.12] se obtiene:

$$n_r = \frac{2536.36 \text{ Kgf/cm}^2}{953.12 \text{ Kgf /cm}^2}$$

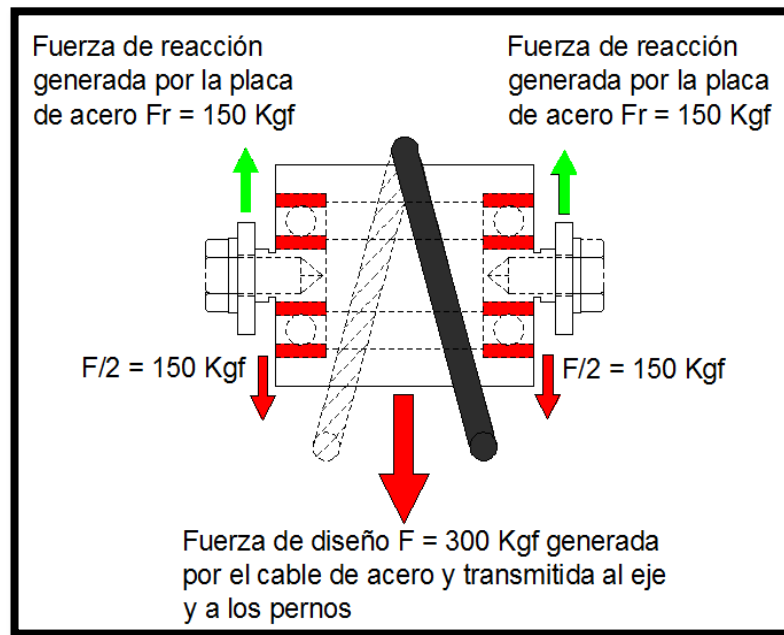
$$n_r = 2.66$$

$$n_r = 2.66 > n_t = 2.5 \approx n_{\text{considerado}} = 2 \text{ Ver (página 14).}$$

Con este valor de factor de seguridad se concluye que el diseño, del cilindro está en los parámetros correctos de seguridad.

## 2.18 Cálculo de pernos sujetadores de eje de cilindro

Los pernos sujetadores del eje del cilindro son M10 x 15 mm de longitud, los cuales son ubicados como se muestra en la (figura 2.45), donde también se muestra las fuerzas que actúan sobre los pernos, las placas de acero y la fuerza de diseño que genera el cable de acero al cilindro y al eje ya calculado anteriormente.



Elaborado por: Autores

Figura 2.45 Ubicación y fuerzas que actúan sobre los pernos

Una vez determinada la ubicación y fuerzas que actúan sobre los pernos se verifica mediante cálculos de carga cortante si el perno M10 x 15 x 1.75 mm, es el correcto para los fines del mecanismo del equipo.

$$\tau = \frac{F}{A} \quad [\text{Ec.38}]$$

Donde:

$\tau$  = Esfuerzo cortante en el perno

$F$  = Fuerza que actúa sobre el perno

A = Área de la sección transversal del perno

Datos:

F = 150 Kgf Ver (figura 3.45).

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi * 10^2}{4}$$

$$A = 78.53 \text{ mm}^2$$

$$A = 0.78 \text{ cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.38] se obtiene:

$$\tau = \frac{150 \text{ Kgf}}{0.78 \text{ cm}^2}$$

$$\tau = 192.3 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

Entonces el esfuerzo cortante que actúa sobre el perno es de 192.3 Kgf / cm<sup>2</sup>, este valor comparado con las especificaciones ASTM para pernos y según referencia (tabla 2.10), se tiene que la resistencia mínima a la fluencia del perno A307 que se utiliza es igual a 36 Kpsi, transformando este valor a Kgf / cm<sup>2</sup> se tiene un valor de 2536.36.



Designación ASTM núm.	Intervalo de tamaños, inclusive, pulg	Resistencia de prueba mínima,* kpsi	Resistencia mínima a la tensión,* kpsi	Resistencia mínima a la fluencia,* kpsi	Material	Marca en la cabeza
A307	$\frac{1}{4}$ a $1\frac{1}{2}$	33	60	36	Acero de bajo carbono	
A325 tipo 1	$\frac{1}{8}$ a $1\frac{1}{2}$	85	120	92	Acero de medio carbono, T y R	
		74	105	81		
A325 tipo 2	$\frac{1}{8}$ a $1\frac{1}{2}$	85	120	92	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	
		74	105	81		
A325 tipo 3	$\frac{1}{8}$ a $1\frac{1}{2}$	85	120	92	Acero no temperizado, T y R	
		74	105	81		
A354 grado BC	$\frac{1}{4}$ a $2\frac{1}{2}$ $2\frac{3}{4}$ a 4	105	125	109	Acero aleado, T y R	
		95	115	99		
A354 grado BD	$\frac{1}{4}$ a 4	120	150	130	Acero aleado, T y R	
A449	$\frac{1}{8}$ a $1\frac{1}{2}$ $1\frac{3}{4}$ a 3	85	120	92	Acero de medio carbono, T y R	
		74	105	81		
		55	90	58		
A490 tipo 1	$\frac{1}{2}$ a $1\frac{1}{2}$	120	150	130	Acero aleado, T y R	
A490 tipo 3	$\frac{1}{2}$ a $1\frac{1}{2}$	120	150	130	Acero no temperizado, T y R	

\* Las resistencias mínimas son las resistencias que exceden 99 por ciento de los sujetadores.

Fuente: Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley<sup>71</sup>

Tabla 2.10 Especificaciones ASTM para pernos de acero

Este valor comparado con el valor del esfuerzo cortante y realizando la relación con la resistencia mínima a la fluencia se concluye que el perno es el correcto ya que la resistencia a la fluencia  $F_y$  es 13.18 veces mayor que el esfuerzo cortante.

En el mercado nacional se adquieren: 6 pernos, 6 arandelas planas y 6 anillos de seguridad.

<sup>71</sup> BUDYNAS, Richard, y NISBETT, Keith. Op. Cit. Pág. 415

### 2.18.1 Cálculo de precarga del perno sujetador de eje del cilindro

Bowman recomienda una precarga de 75 por ciento de la carga de prueba.

La siguiente relación recomienda tanto para carga estática como para la de fatiga que se use lo siguiente para la precarga.

$F_i = 0.75 F_p$  para conexiones no permanentes, sujetadores reutilizados

$F_i = 0.90 F_p$  para conexiones permanentes

Donde:

$F_i$  = Precarga

$F_p$  = Carga de prueba que se obtiene mediante la ecuación:

$$F_p = A_t * S_p \quad [\text{Ec.39}]$$

Donde:

$F_p$  = Carga de prueba

$A_t$  = Área de esfuerzo de tensión, referencia (tabla 2.6).

$S_p$  = Resistencia de prueba, valor aproximado = 0.85  $F_y$

Datos:

$A_t = 58.0 \text{ mm}^2$

$A_t = 0.08 \text{ cm}^2$

$S_p = 0.85 F_y$

$$S_p = 0.85 * 2536.36 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

$$S_p = 2155.90 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.39] se obtiene:

$$F_p = 0.08 \text{ cm}^2 * 2155.90 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

$$F_p = 172.47 \text{ Kgf}$$

$$\mathbf{F_i = 0.75 * F_p} \quad [\text{Ec.40}]$$

Para conexiones no permanentes, sujetadores reutilizados

Donde:

$F_i$  = Precarga

$F_p$  = Carga de prueba

Datos:

$$F_p = 172.47 \text{ Kgf}$$

Reemplazando valores en [Ec.40] se obtiene:

$$F_i = 0.75 * 172.47 \text{ Kgf}$$

$$F_i = 129.35 \text{ Kgf}$$

Entonces el par de torsión necesario para lograr la precarga está dado por:

$$\mathbf{T = K * F_i * d} \quad [\text{Ec.41}]$$

Donde:

$T$  = Par de torsión necesario para lograr la precarga

$K$  = Factor del par de torsión, referencia (tabla 2.7).

$F_i$  = Precarga

$d$  = Diámetro del perno

Datos:

$K = 0.30$

$F_i = 129.35 \text{ Kgf}$

$d = 10 \text{ mm} = 1 \text{ cm}$

Reemplazando valores en [Ec.41] se obtiene:

$T = 0.30 * 129.35 \text{ Kgf} * 1 \text{ cm}$

$T = 38.8 \text{ Kgf} * \text{cm}$

El par de torsión necesario para lograr la precarga es  $38.8 \text{ Kgf} * \text{cm}$ , este valor garantiza un apriete firme del eje del cilindro a la placa de acero.

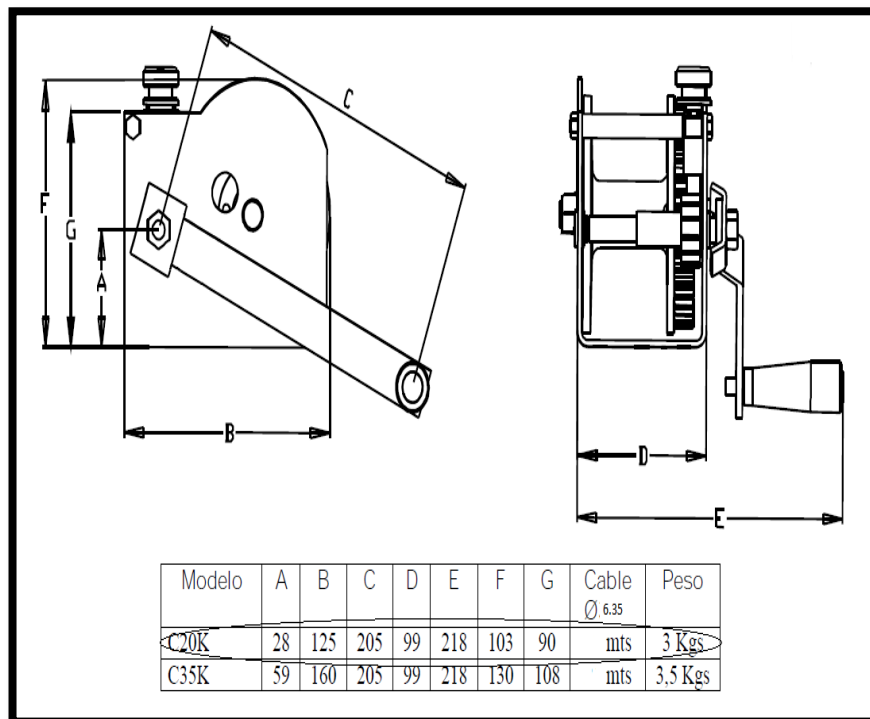
## **2.19 Selección y especificación del cabrestante**

El cabrestante seleccionado tiene las siguientes especificaciones técnicas:

- Diámetro del cable 4 – 8 mm
- Longitud del cable hasta 18 m

- Capacidad de carga 1600 lb, 727.27 Kg
- Capacidad máxima de tracción 1200 Newton
- Resistente a la intemperie
- Peso 3 Kg

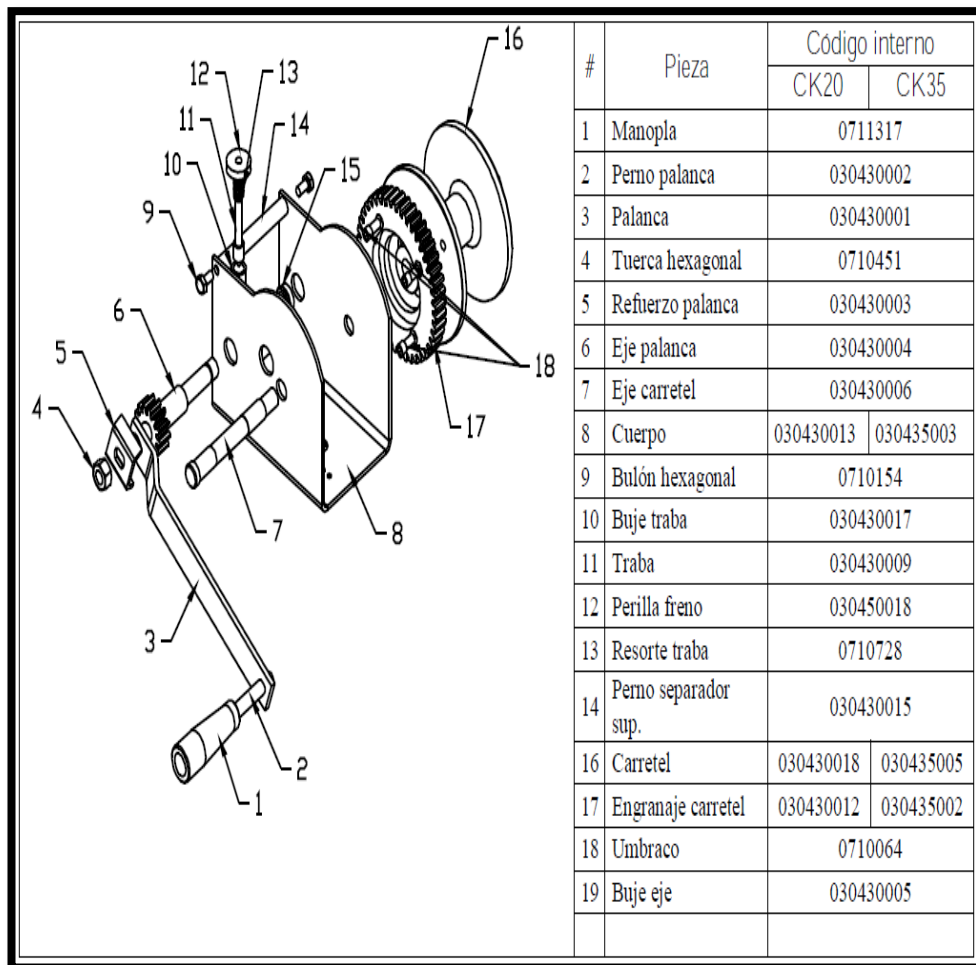
En la (figura 2.46), se muestra las medidas principales del cabrestante.



Fuente: BOAT WINCH

Figura 2.46 Cabrestante

En la (figura 2.47), se muestra el despiece de los elementos constitutivos del cabrestante seleccionado así como también el código interno de cada elemento.

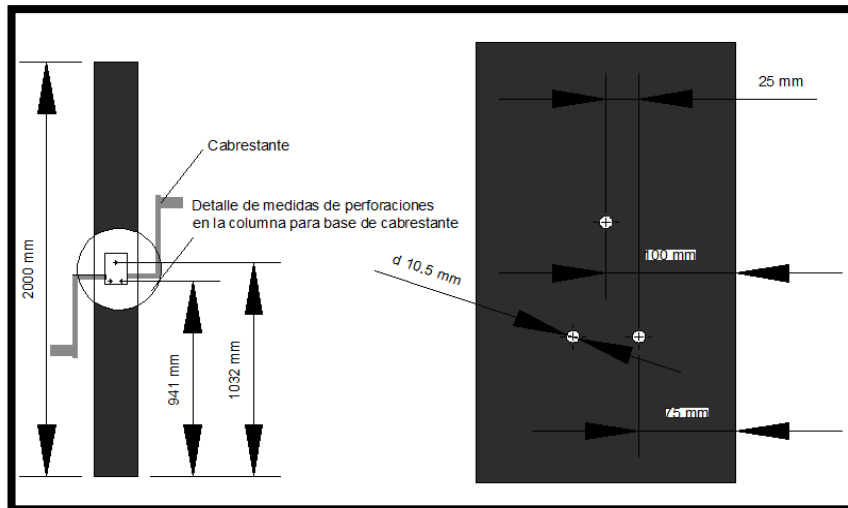


Fuente: BOAT WINCH

Figura 2.47 Despiece cabrestante

### 2.19.1 Dimensionamiento de perforaciones para montaje de cabrestante en la columna fija del equipo

El cabrestante posee una base con tres orificios de diámetro de 10.5 mm, lo cual significa que se utiliza pernos M10 x 20 mm de longitud que sujetan al cabrestante a la columna fija del equipo, en la (figura 2.48) se muestra las dimensiones donde se realiza las perforaciones para acoplar el cabrestante a la columna.

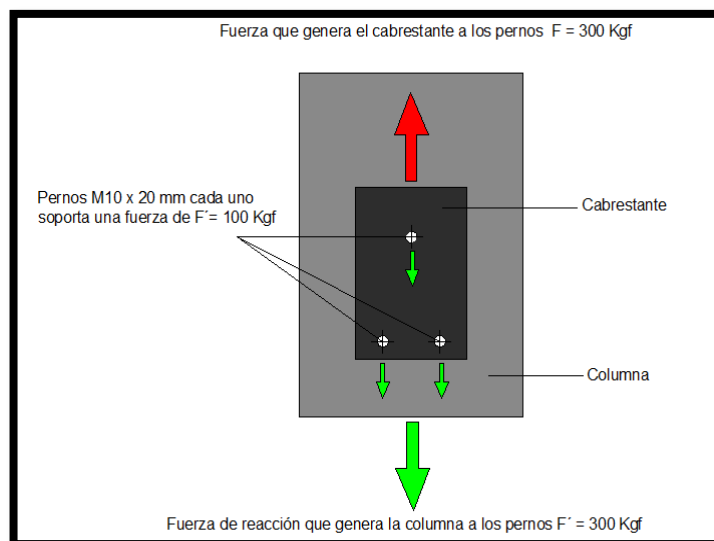


Elaborado por: Autores

Figura 2.48 Ubicación de perforaciones en columna

Los 3 pernos M10 x 20 mm de longitud se someten a una carga cortante de 300 Kgf generada por el cabrestante al cable y este transmite a los 3 pernos que sujetan al accionamiento a la columna fija, como se muestra en la (figura 2.49).

Una vez ubicadas las fuerzas que actúan sobre los pernos, se verifica mediante cálculos si los pernos seleccionados son los correctos para los fines de este mecanismo.



Elaborado por: Autores

Figura 2.49 Carga cortante transmitida a pernos M10

### 2.19.2 Cálculo de pernos sujetadores del cabrestante a la columna

Los pernos sujetadores del eje del cilindro son M10 x 20 mm de longitud, los cuales son ubicados como se muestra en (figura 2.49), donde también se muestra las fuerzas que actúan sobre los pernos, debido a la carga de diseño que debe ser elevada.

$$\tau = \frac{F}{A} \quad [\text{Ec.38}]$$

Donde:

$\tau$  = Esfuerzo cortante en el perno

F = Fuerza que actúa sobre el perno

A = Área de la sección transversal del perno

Datos:

F = 100 Kgf , ver (figura 2.49).

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi * 10^2}{4}$$

$$A = 78.53 \text{ mm}^2$$

$$A = 0.78 \text{ cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.38] se obtiene:

$$\tau = \frac{100 \text{ Kgf}}{0.78 \text{ cm}^2}$$



$$\tau = 128.2 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

Entonces el esfuerzo cortante que actúa sobre el perno es de 128.2 Kgf / cm<sup>2</sup>, este valor comparado con las especificaciones ASTM para pernos y según (tabla 3.10) tenemos que la resistencia mínima a la fluencia del perno A307 que se utiliza es igual a 36 Kpsi, transformando este valor a Kgf / cm<sup>2</sup> se tiene un valor de 2536.36.

Este valor comparado con el valor del esfuerzo cortante y realizando la relación con la resistencia mínima a la fluencia se concluye que el perno es el correcto ya que la resistencia a la fluencia Fy es 19.18 veces mayor que el esfuerzo cortante.

En el mercado nacional se adquieren: 3 pernos M10 x 20 x 1.75 mm, 3 arandelas planas, 3 arandelas de muelle y 3 tuercas regulares biseladas en ambos lados.

### **2.19.3 Cálculo de precarga de pernos sujetadores de cabrestante a la columna**

Bowman recomienda una precarga de 75 por ciento de la carga de prueba.

La siguiente relación recomienda tanto para carga estática como para la de fatiga que se use lo siguiente para la precarga.

$F_i = 0.75 F_p$  para conexiones no permanentes, sujetadores reutilizados

$F_i = 0.90 F_p$  para conexiones permanentes

Donde:

$F_i$  = Precarga

$F_p$  = Carga de prueba que se obtiene mediante la ecuación:

$$F_p = A_t * S_p \quad [\text{Ec.39}]$$

Donde:

$F_p$  = Carga de prueba

$A_t$  = Área de esfuerzo de tensión, referencia (tabla 2.6).

$S_p$  = Resistencia de prueba, valor aproximado = 0.85  $F_y$

Datos:

$A_t = 58.0 \text{ mm}^2$

$A_t = 0.08 \text{ cm}^2$

$S_p = 0.85 F_y$

$S_p = 0.85 * 2536.36 \text{ Kgf / cm}^2$

$S_p = 2155.90 \text{ Kgf / cm}^2$

Reemplazando valores en [Ec.38] se obtiene:

$F_p = 0.08 \text{ cm}^2 * 2155.90 \text{ Kgf / cm}^2$

$F_p = 172.47 \text{ Kgf}$

$$F_i = 0.75 * F_p \quad [\text{Ec.40}]$$

Para conexiones no permanentes, sujetadores reutilizados.

Donde:

$F_i$  = Precarga

$F_p =$  Carga de prueba

Datos:

$$F_p = 172.47 \text{ Kgf}$$

Reemplazando valores en [Ec.40] se obtiene:

$$F_i = 0.75 * 172.47 \text{ Kgf}$$

$$F_i = 129.35 \text{ Kgf}$$

Entonces el par de torsión necesario para lograr la precarga está dado por:

$$\mathbf{T = K * F_i * d} \quad [\text{Ec.41}]$$

Donde:

$T$  = Par de torsión necesario para lograr la precarga

$K$  = Factor del par de torsión, referencia (tabla 2.7).

$F_i$  = Precarga

$d$  = Diámetro del perno

Datos:

$$K = 0.30$$

$$F_i = 129.35 \text{ Kgf}$$

$$d = 10 \text{ mm} = 1 \text{ cm}$$

Reemplazando valores en [Ec.41] se obtiene:

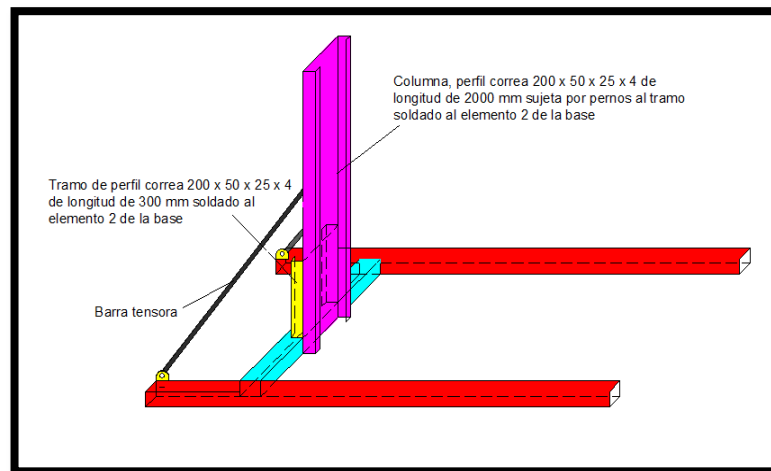
$$T = 0.30 * 129.35 \text{ Kgf} * 1 \text{ cm}$$

$$T = 38.8 \text{ Kgf} * \text{cm}$$

El par de torsión necesario para lograr la precarga es 38.8 Kgf \* cm por cada perno, este valor garantiza un apriete firme del cabrestante a la columna.

## 2.20 Cálculo de pernos sujetadores de la columna fija al tramo soldado al (elemento 2) de la base del equipo

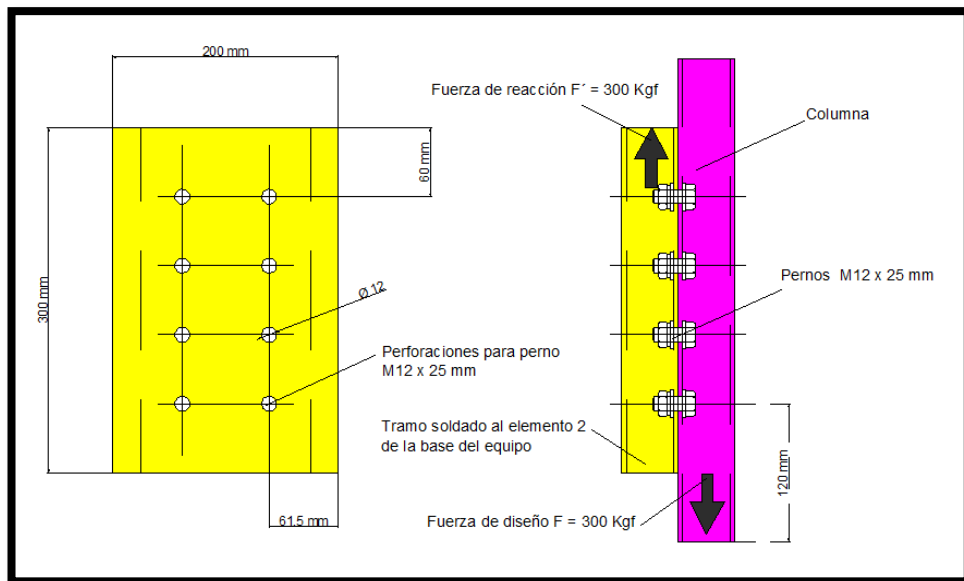
En la (figura 2.50), se muestra el esquema como está ensamblada la columna al tramo soldado en el (elemento 2) de la base del equipo.



Elaborado por: Autores

Figura 2.50 Ensamblaje de columna

La columna se acopla mediante 4 filas de 2 pernos cada una, el perno es un M12 x 25 x 1.75 mm que se disponen como se muestra en la (figura 2.51). Se selecciona el perno M12 x 25 de tipo A307 ver (tabla 2.10) especificaciones ASTM para pernos de acero, porque es el que más se ajusta a las medidas de acoplamiento del sistema de deslizamiento, por las especificaciones técnicas y a la holgura que se tiene para el recorrido de la polea del sistema de elevación.



Elaborado por: Autores

Figura 2.51 Ubicación pernos M12 x 25 x 1.75mm

En la (figura 2.51), se muestra también las cargas a cortante que soportan los pernos y el esfuerzo cortante está dado por la [Ec. 38].

$$\tau = \frac{F}{A} \quad [\text{Ec.38}]$$

Donde:

$\tau$  = Esfuerzo cortante en el perno

F = Fuerza que actúa sobre el perno

A = Área de la sección transversal del perno

Datos:

F = 300 Kgf Ver (figura 2.51).

Pero como son 8 pernos, entonces:

$F/8 = 37.5 \text{ Kgf}$  que soporta cada perno

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi * 12^2}{4}$$

$$A = 113.09 \text{ mm}^2$$

$$A = 1.13 \text{ cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.38] se obtiene:

$$\tau = \frac{37.5 \text{ Kgf}}{1.13 \text{ cm}^2}$$

$$\tau = 33.18 \text{ Kgf / cm}^2$$

Entonces el esfuerzo cortante que actúa sobre cada perno es de  $33.18 \text{ Kgf / cm}^2$ , este valor comparado con las especificaciones ASTM del perno de tipo A307, indica que el perno M12 x 25 x 1.75 mm es el correcto ya que la resistencia a la fluencia del perno  $F_y = 2536.36$  y es 76.44 veces mayor que el esfuerzo cortante. Ver (tabla 2.10).

En el mercado nacional se adquieren: 8 pernos, 8 arandelas planas y 8 tuercas regulares biseladas en ambos lados.

### **2.20.1 Cálculo de precarga para pernos sujetadores de la columna fija al tramo soldado al (elemento 2) de la base del equipo**

Bowman recomienda una precarga de 75 por ciento de la carga de prueba.

La siguiente relación recomienda tanto para carga estática como para la de fatiga que se use lo siguiente para la precarga.

$F_i = 0.75 F_p$  para conexiones no permanentes, sujetadores reutilizados

$F_i = 0.90 F_p$  para conexiones permanentes

Donde:

$F_i$  = Precarga

$F_p$  = Carga de prueba que se obtiene mediante la ecuación:

$$F_p = A_t * S_p \quad [\text{Ec.39}]$$

Donde:

$F_p$  = Carga de prueba

$A_t$  = Área de esfuerzo de tensión, referencia (tabla 2.6).

$S_p$  = Resistencia de prueba, valor aproximado =  $0.85 F_y$

Datos:

$$A_t = 84.3 \text{ mm}^2$$

$$A_t = 0.13 \text{ cm}^2$$

$$S_p = 0.85 F_y$$

$$S_p = 0.85 * 2536.36 \text{ Kgf / cm}^2$$

$$S_p = 2155.90 \text{ Kgf / cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.39] se obtiene:

$$F_p = 0.13 \text{ cm}^2 * 2155.90 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

$$F_p = 280.26 \text{ Kgf}$$

$$\mathbf{F_i = 0.75 * F_p} \quad [\text{Ec.40}]$$

Para conexiones no permanentes, sujetadores reutilizados.

Donde:

$F_i$  = Precarga

$F_p$  = Carga de prueba

Datos:

$$F_p = 280.26 \text{ Kgf}$$

Reemplazando valores en [Ec.40] se obtiene:

$$F_i = 0.75 * 280.26 \text{ Kgf}$$

$$F_i = 210.19 \text{ Kgf}$$

Entonces el par de torsión necesario para lograr la precarga está dado por:

$$\mathbf{T = K * F_i * d} \quad [\text{Ec.41}]$$

Donde:

$T$  = Par de torsión necesario para lograr la precarga

$K$  = Factor del par de torsión, referencia (tabla 2.7).



$F_i = \text{Precarga}$

$d = \text{Diámetro del perno}$

Datos:

$K = 0.30$

$F_i = 210.19 \text{ Kgf}$

$d = 12 \text{ mm} = 1.2 \text{ cm}$

Reemplazando valores en [Ec.41] se obtiene:

$T = 0.30 * 210.19 \text{ Kgf} * 1.2 \text{ cm}$

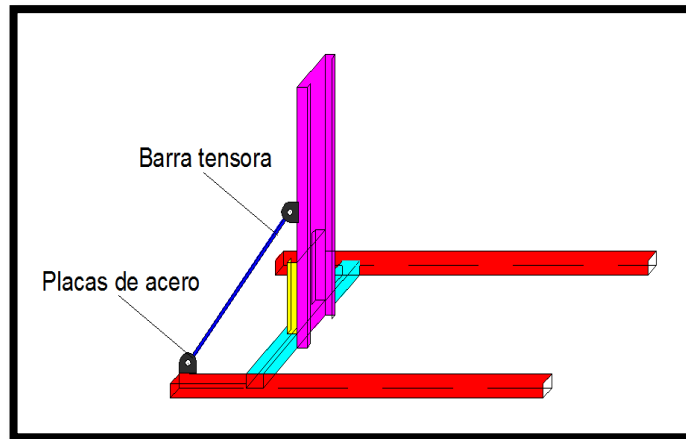
$T = 75.66 \text{ Kgf} * \text{cm}$

El par de torsión necesario para lograr la precarga es  $75.66 \text{ Kgf} * \text{cm}$ , este valor garantiza un apriete firme de la columna fija al tramo soldado al elemento 2 de la base del equipo.

## **2.21 Cálculo de barras tensoras**

Cuando se usan varillas y barras tensoras como miembros a tensión, pueden soldarse simplemente en sus extremos, o bien mantenerse en posición por medio de ejes y pernos según sea el caso y tipo de mecanismo.

En la (figura 2.52), se muestra como están sujetas las barras a la base y columna fija del equipo.



Elaborado por: Autores

Figura 2.52 Barra tensora y placas de acero

### 2.21.1 Cálculo del módulo de sección de la barra

La barra tensora sirve como un mecanismo adicional de protección contra el momento de volteo debido a la carga de diseño cuando está se eleve en el equipo, el cálculo del módulo de sección indica que tubo estructural se selecciona en la construcción de las barras y su cálculo se detalla a continuación.

El área requerida para una carga particular a tensión está dada por la [Ec. 50].

$$AD = \frac{T}{0.33 * Fu} \quad [Ec.50]^{72}$$

Donde:

AD = Área requerida

T = Carga de tensión [Kgf]

Fu = Resistencia última a la tensión

Fu = 58 Kpsi Ver (tabla 2.4).

<sup>72</sup> Jack C. McCormac, Op. Cit. Pág 84

Transformando las unidades del acero A 36 de 58 (Kpsi) a (Kgf / cm<sup>2</sup>) se tiene:

$$F_u = 4086.37 \text{ Kgf / cm}^2$$

Datos:

$$T = 300 \text{ Kgf}$$

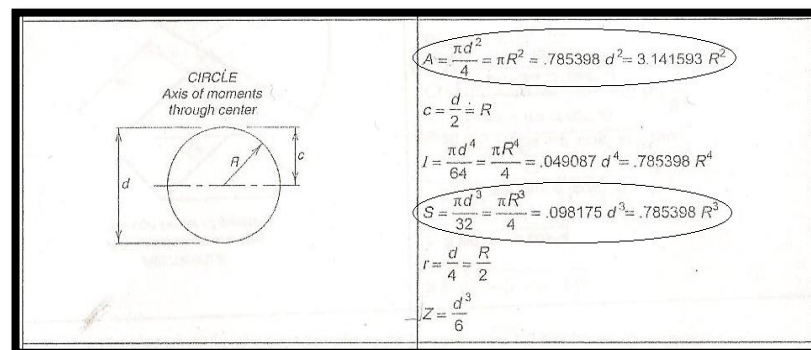
$$F_u = 4086.37 \text{ Kgf / cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.50] se obtiene:

$$AD = \frac{300 \text{ Kgf}}{0.33 * 4086.37 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2}}$$

$$AD = 0.22 \text{ cm}^2$$

Con este valor de área requerida se calcula el módulo de sección requerido, referencia (figura 2.53).



Fuente: Manual AISC<sup>73</sup>

Figura 2.53 Propiedades geométricas de secciones

El diámetro de la barra en función del área requerida AD calculada anteriormente está dado por la siguiente ecuación:

$$A = \frac{\pi * d^2}{4} \quad [\text{Ec.51}]^{74}$$

<sup>73</sup> Manual AISC. Op. Cit. Pág. 17-39

<sup>74</sup> Manual AISC. Op. Cit. Pág. 17-39

Despejando d en [Ec.51] se obtiene:

$$d = \sqrt{\left(\frac{A * 4}{\pi}\right)} \quad [\text{Ec.52}]^{75}$$

Donde:

d = Diámetro de la barra [cm]

A = AD = Área de sección requerida [cm<sup>2</sup>]

Datos:

$$AD = 0.22 \text{ cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.52] se obtiene:

$$d = \sqrt{\left(\frac{0.22 \text{ cm}^2 * 4}{\pi}\right)}$$

$$d = \sqrt{0.28 \text{ cm}^2}$$

$$d = 0.52 \text{ cm}$$

Este valor se reemplaza en la [Ec. 53] y se obtiene el módulo de sección.

$$S = \frac{\pi * d^3}{32} \quad [\text{Ec.53}]^{76}$$

$$S = \frac{\pi * (0.52 \text{ cm})^3}{32}$$

$$S = 0.013 \text{ cm}^3$$

---

<sup>75</sup> Manual AISC. Op. Cit. Pág. 17-39

<sup>76</sup> Manual AISC. Op. Cit. Pág. 17-39

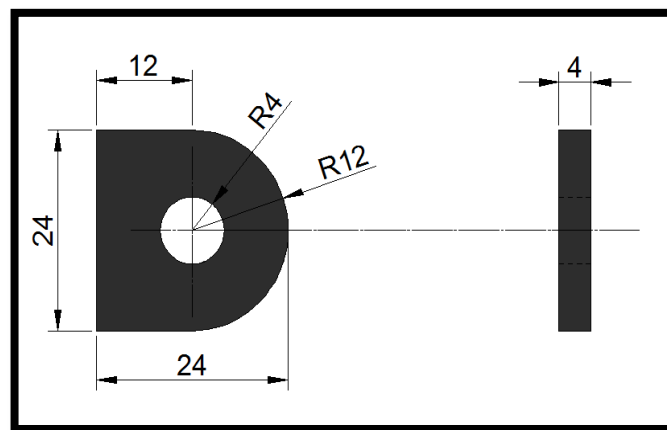
Este valor de módulo de sección es para una barra, pero por cuestión de montaje y porque las puntas de la barra son plegadas, para acoplar a las placas de acero se selecciona un tubo mecánico redondo con un módulo de sección aproximado al calculado para una barra. Según referencia (anexo 1), el tubo mecánico redondo seleccionado de DIPAC es de:

Diámetro exterior = 12.70 mm

Espesor = 0.60 mm

### 2.21.2 Placas de acero para acoplar barras tensoras

Las placas son fabricadas de acero ASTM A36, referencia (anexo 1) las cuales están soldadas a la columna y a la base del equipo de dimensiones como se muestra en la (figura 2.54). Las barras tensoras son acopladas con pernos M8 x 20 x 1.75 mm, con arandelas planas y tuercas regulares biseladas en ambos lados.



Elaborado por: Autores

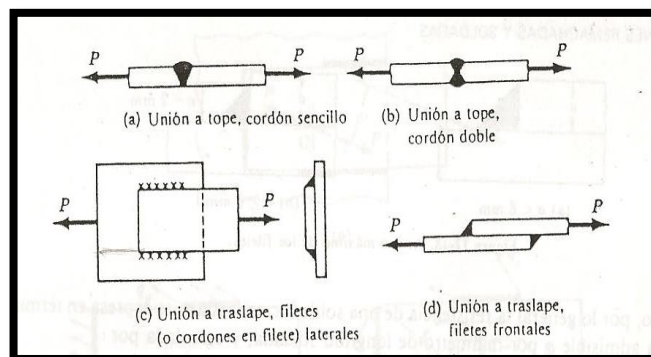
Figura 2.54 Placa de acero

Se fabrican 4 placas de acero, en el mercado nacional se adquieren 4 pernos M8 x 20 x 1.75 mm, 4 arandelas planas y 4 tuercas regulares biseladas en ambos lados.

## 2.22 Diseño de la soldadura

La soldadura es un procedimiento de unión de los metales por fusión. Mediante el calor producido por un arco eléctrico o un soplete de oxiacetileno, se reblandece y funde el metal en los dos bordes a soldar, junto con el metal adicional de una varilla llamado metal de aportación que recarga la junta formando el cordón de soldadura, o simplemente cordón. Al enfriarse el metal de aportación y el metal base forman una unión continua y homogénea. Para proteger al metal fundido de la oxidación, se utiliza electrodos revestidos. El revestimiento fundente, al entrar en caldeo desprende un gas inerte que rodea la llama del soplete, o el arco eléctrico y protege al metal fundido de la oxidación. Además forma una escoria que sobrenada en el metal fundido mientras se enfría, impidiendo que se oxide o que se absorba el nitrógeno del aire. Esta técnica se llama proceso de arco protegido.

Los dos tipos principales de soldaduras o uniones soldadas son: a tope y a traslape como se muestra en la (figura 2.55).



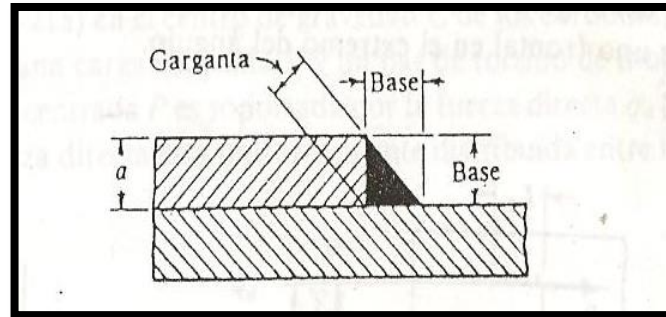
Fuente: FERDINAND L. Singer<sup>77</sup>

Figura 2.55 Tipos de uniones soldadas

La resistencia de una soldadura a tope es igual al esfuerzo admisible por el producto de la longitud del cordón por el espesor de la plancha más delgada, ya que no es preciso que las dos planchas a soldar tengan el mismo espesor. El esfuerzo admisible se toma como aquél del metal base.

<sup>77</sup> FERDINAND L. Singer, *Resistencia de Materiales*, 1990, Cuarta edición, Pág. 407

La resistencia de las uniones a traslape, tanto con filetes laterales como frontales, se supone determinada por la resistencia al cortante de la garganta de la soldadura. En los filetes a 45° como se muestra en la (figura 2.56).



Fuente: FERDINAND L. Singer<sup>78</sup>

Figura 2.56 Unión a traslape

Llamado a al ancho de las bases, el área de la sección de la garganta sometida a cortante es igual a la longitud  $L$  del cordón por el espesor de la garganta, es decir  $A = L * a * \text{sen } 45^\circ = 0.707 L * a \text{ (mm}^2\text{)}$ .

Los esfuerzos admisibles para soldaduras a traslape especificadas por el AISC, (basadas en recomendaciones de la American Welding Society) dependen del electrodo empleado en el proceso de soldeo y de la gradación del acero soldado.<sup>79</sup>

$$P = \tau * A \quad [\text{Ec.54}]^{80}$$

Donde:

$P$  = Resistencia de la soldadura [Kgf]

$\tau$  = Esfuerzo cortante admisible del electrodo [lb / plg<sup>2</sup>], [Kgf / cm<sup>2</sup>], referencia (tabla 2.11).

$A$  = Área de la sección de la garganta [mm<sup>2</sup>]

<sup>78</sup> FERDINAND L. Op. Cit. Pág. 407

<sup>79</sup> FERDINAND L. Op. Cit. Pág. 407

<sup>80</sup> FERDINAND L. Op. Cit. Pág. 407

	E6010 E6011	E6012 E6013	E6020 E6027	E7014 E7024	E7015, E7016 E7018, E7028
Resistencia a la tracción, lb/pulg <sup>2</sup> , mín .....	62 000	67 000	62 000	72 000	72 000
Punto de fluencia, lb/pulg <sup>2</sup> , mín. ....	50 000	55 000	50 000	60 000	60 000
Alargamiento en 2 pulg, mín % .....	22	17	32	17	22

\* Prueba de tracción en todo el metal de soldadura, tal como quedó soldado.

Fuente: Manual del Ingeniero Mecánico<sup>81</sup>

Tabla 2.11 Propiedades mecánicas típicas de los electrodos

Sin embargo, por lo general la resistencia de una soldadura a traslape se expresa en términos de la fuerza admisible  $q$  por milímetro de longitud soldada y está dada por:

$$q = \frac{P}{L} \quad [\text{Ec.55}]^{82}$$

Donde:

$q$  = fuerza admisible [Kgf / mm] de longitud soldada

$P$  = resistencia de la soldadura [Kgf]

$L$  = longitud soldada [mm]

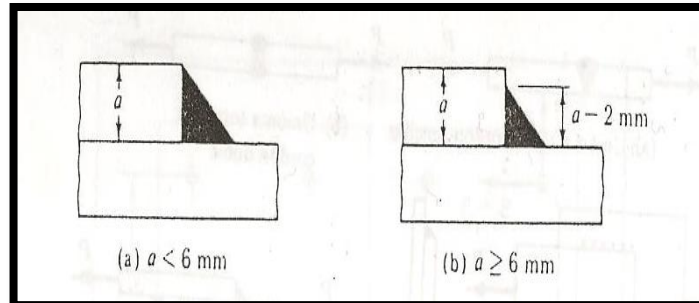
Como regla, es necesario tomar precauciones especiales para asegurarse que la anchura de la base de una soldadura de filete a lo largo de un borde es realmente igual al espesor del borde. Una de las razones para esto es que los bordes de perfiles laminados están redondeados y la anchura de la base sería menor que el espesor nominal de la pieza. Otra razón es que durante el soldeo, la esquina del borde puede fundirse con la soldadura, lo que reduciría la anchura de la base. Por estas razones, las especificaciones AISC requieren que el tamaño máximo de una soldadura de filete deba ser de (2 mm) menos que el espesor del material a lo largo de bordes

<sup>81</sup> AVALLONE, Eugene, y BAUMEISTER, Theodore, Manual del Ingeniero Mecánico, 1995, 9ª Edición. Pág. 13-34

<sup>82</sup> FERDINAND L. Singer. Op. Cit. Pág. 408



de 6 mm, o mayores de espesor. Para bordes de espesores menores, el tamaño máximo de la soldadura puede ser igual al espesor del borde. Estas especificaciones se muestran en la (figura 2.57).



Fuente: FERDINAND L. Singer<sup>83</sup>

Figura: 2.57 Ancho máximo de los filetes

Los tamaños de soldadura pueden exceder estas especificaciones si el diseñador así lo estipula con el objeto de cubrir totalmente la garganta de la junta.<sup>84</sup>

En la soldadura de los elementos constitutivos del equipo se utiliza la soldadura a traslape con la técnica de arco protegido con E6011. Las especificaciones técnicas de este electrodo son:

$$E6011 = \text{Ø } 1/8 \text{ " } = \text{Ø } 3.175 \text{ mm}$$

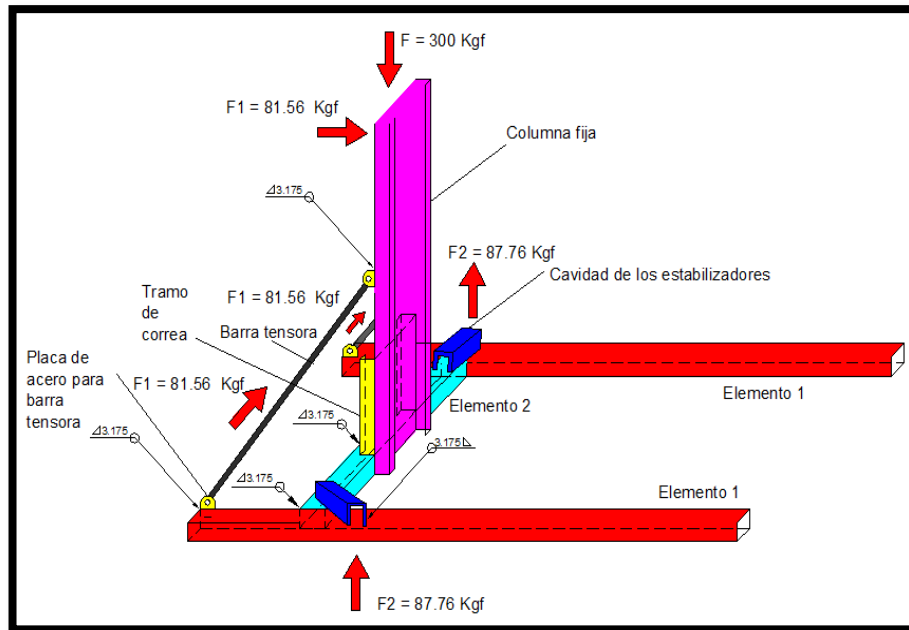
$$\tau \text{ Esfuerzo cortante admisible } = 62000 \text{ Lb / plg}^2 = 4368.19 \text{ Kgf / cm}^2$$

### 2.2.2.1 Soldadura de la base y elementos constitutivos

En la (figura 2.58), se muestra las fuerzas que actúan sobre la base y el tipo de cordón de soldadura que une los elementos constitutivos y los elementos de sujeción de la barra tensora, el tramo de correa y la cavidad para los estabilizadores.

<sup>83</sup> FERDINAND L. Singer. Op. Cit. Pág. 408

<sup>84</sup> FERDINAND L. Singer. Op. Cit. Pág. 408



Elaborado por: Autores

Figura 2.58 Diagrama de fuerzas que actúan sobre la base y elementos constitutivos

### 2.22.1.1 Soldadura del (elemento 2) a (elementos 1)

$$A = L * a * \text{sen } 45^\circ = 0.707 L * a \quad [\text{Ec.56}]^{85}$$

Donde:

A = Área de la sección de la garganta sometida a cortante [mm<sup>2</sup>]

L = Longitud del cordón [mm]

a = Ancho de las bases del cordón [mm]

Datos:

L = 60 \* 4 = 240 mm, (tubo cuadrado de 60 x 60 mm)

a = 3.175 mm

<sup>85</sup> FERDINAND L. Op. Cit. Pág. 407

Reemplazando valores en [Ec.56] se obtiene:

$$A = 0.707 * 240 \text{ mm} * 3.175 \text{ mm}$$

$$A = 538.734 \text{ mm}^2 = 5.38 \text{ cm}^2$$

$$P = \tau * A \quad [\text{Ec.54}]$$

Datos:

$$\tau = 4368.19 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

$$A = 5.38 \text{ cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.54] se obtiene:

$$P = 4368.19 \text{ Kgf} / \text{cm}^2 * 5.38 \text{ cm}^2$$

$$P = 23500.86 \text{ Kgf}$$

Este es el valor de resistencia a la tracción total que soporta la soldadura y es 78.33 veces, que soporta la fuerza F de 300 Kgf, ver (figura 2.58).

$$q = \frac{P}{L} \quad [\text{Ec.55}]$$

Datos:

$$P = 23500.86 \text{ Kgf}$$

$$L = 60 \text{ mm} * 4 = 240 \text{ mm}$$

Reemplazando valores en [Ec.55] se obtiene:

$$q = \frac{23500.86 \text{ Kgf}}{240 \text{ mm}}$$

$$q = 97.92 \text{ Kgf / mm}$$

Este valor indica la resistencia de la soldadura por milímetro de longitud soldada.

### 2.22.1.2 Soldadura de cavidades de los estabilizadores a (elementos 1) de la base

$$A = L * a * \text{sen } 45^\circ = 0.707 L * a \quad [\text{Ec.56}]$$

Donde:

A = Área de la sección de la garganta sometida a cortante [mm<sup>2</sup>]

L = Longitud del cordón [mm]

a = Ancho de las bases del cordón [mm]

Datos:

$$L = 81 + 66.5 = 147.5 \text{ mm}$$

$$a = 3.175 \text{ mm}$$

Reemplazando valores en [Ec.56] se obtiene:

$$A = 0.707 * 147.5 \text{ mm} * 3.175 \text{ mm}$$

$$A = 331.09 \text{ mm}^2 = 3.31 \text{ cm}^2$$

$$P = \tau * A \quad [\text{Ec.54}]$$

Datos:

$$\tau = 4368.19 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

$$A = 3.31 \text{ cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.54] se obtiene:

$$P = 4368.19 \text{ Kgf} / \text{cm}^2 * 3.31 \text{ cm}^2$$

$$P = 14458.7 \text{ Kgf}$$

Este es el valor de resistencia a la tracción total que soporta la soldadura y es 164.75 veces, que soporta la fuerza F2 de 87.76 Kgf por cada cavidad de estabilizadores, ver (figura 2.58).

$$q = \frac{P}{L} \quad [\text{Ec.55}]$$

Datos:

$$P = 14458.7 \text{ Kgf}$$

$$L = 147.5 \text{ mm}$$

Reemplazando valores en [Ec.55] se obtiene:

$$q = \frac{14458.7 \text{ Kgf}}{147.5 \text{ mm}}$$

$$q = 98.02 \text{ Kgf} / \text{mm}$$

Este valor indica la resistencia de la soldadura por milímetro de longitud soldada.

### 2.22.1.3 Soldadura de tramo perfil correa 200 x 50 x 25 x 4 mm, a (elemento 2) de la base

$$A = L * a * \text{sen } 45^\circ = 0.707 L * a \quad [\text{Ec.56}]$$

Donde:

A = Área de la sección de la garganta sometida a cortante [mm<sup>2</sup>]

L = Longitud del cordón [mm]

a = Ancho de las bases del cordón [mm]

Datos:

L = Perímetro del perfil = 666 mm

a = 3.175 mm

Reemplazando valores en [Ec.56] se obtiene:

$$A = 0.707 * 666 \text{ mm} * 3.175 \text{ mm}$$

$$A = 1494.98 \text{ mm}^2 = 14.94 \text{ cm}^2$$

$$P = \tau * A \quad [\text{Ec.54}]$$

Datos:

$$\tau = 4368.19 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

$$A = 14.94 \text{ cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.54] se obtiene:

$$P = 4368.19 \text{ Kgf / cm}^2 * 14.94 \text{ cm}^2$$

$$P = 65260.75 \text{ Kgf}$$

Este es el valor de resistencia a la tracción total que soporta la soldadura y es 800 veces, que soporta la fuerza F1 de 87.76 Kgf, ver (figura 2.58).

$$q = \frac{P}{L} \quad [\text{Ec.55}]$$

Datos:

$$P = 65260.75 \text{ Kgf}$$

$$L = 666 \text{ mm}$$

Reemplazando valores en [Ec.55] se obtiene:

$$q = \frac{65260.75 \text{ Kgf}}{666 \text{ mm}}$$

$$q = 97.98 \text{ Kgf / mm}$$

Este valor indica la resistencia de la soldadura por milímetro de longitud soldada.

#### **2.22.1.4 Soldadura de placa de acero para barra tensora 24 x 24 x 4 mm a (elemento 1) y a columna fija**

$$A = L * a * \text{sen } 45^\circ = 0.707 L * a \quad [\text{Ec.56}]$$

Donde:

A = Área de la sección de la garganta sometida a cortante [mm<sup>2</sup>]

L = Longitud del cordón [mm]

a = Ancho de las bases del cordón [mm]

Datos:

$$L = 24 + 4 + 24 + 4 = 56 \text{ mm}$$

$$a = 3.175 \text{ mm}$$

Reemplazando valores en [Ec.56] se obtiene:

$$A = 0.707 * 56 \text{ mm} * 3.175 \text{ mm}$$

$$A = 125.7 \text{ mm}^2 = 1.257 \text{ cm}^2$$

$$P = \tau * A \quad [\text{Ec.54}]$$

Datos:

$$\tau = 4368.19 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

$$A = 1.257 \text{ cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.54] se obtiene:

$$P = 4368.19 \text{ Kgf} / \text{cm}^2 * 1.257 \text{ cm}^2$$

$$P = 5490.81 \text{ Kgf}$$

Este es el valor de resistencia a la tracción total que soporta la soldadura y es 67.32 veces, que soporta la fuerza F1 de 81.56 Kgf por cada placa de acero, ver (figura 2.58).

$$q = \frac{P}{L} \quad [\text{Ec.55}]$$



Datos:

$$P = 5490.81 \text{ Kgf}$$

$$L = 56 \text{ mm}$$

Reemplazando valores en [Ec.55] se obtiene:

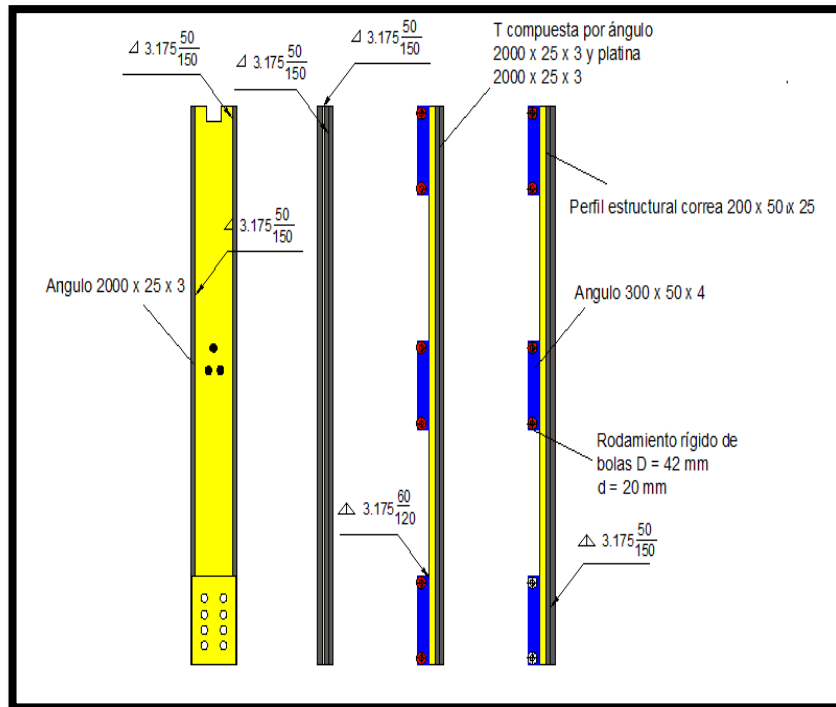
$$q = \frac{5490.81 \text{ Kgf}}{56 \text{ mm}}$$

$$q = 98.05 \text{ Kgf / mm}$$

Este valor indica la resistencia de la soldadura por milímetro de longitud soldada.

### **2.22.2 Soldadura de ángulos sujetadores de ejes de rodamientos y guías de tramos telescópicos a perfiles estructurales de 2000 x 50 x 25 x 4 mm**

En la (figura 2.59), se muestra la fuerza que actúa sobre el perfil en el último tramo telescópico que es el crítico cuando se eleva la carga a la altura máxima de 5000 mm y el tipo de cordón de soldadura que une los demás elementos.



Elaborado por: Autores

Figura 2.59 Diagrama de tipo de soldadura sobre ángulos sujetadores y guías de tramos telescópicos

### 2.22.2.1 Soldadura de ángulos sujetadores 300 x 50 x 4 mm de ejes de rodamientos a perfil estructural 2000 x 50 x 25 x 4 mm

$$A = L * a * \text{sen } 45^\circ = 0.707 L * a \quad [\text{Ec.56}]$$

Donde:

A = Área de la sección de la garganta sometida a cortante [mm<sup>2</sup>]

L = Longitud del cordón [mm]

a = Ancho de las bases del cordón [mm]

Datos:

L = 60 mm, por cada cordón de soldadura

$$a = 3.175 \text{ mm}$$

Reemplazando valores en [Ec.56] se obtiene:

$$A = 0.707 * 60 \text{ mm} * 3.175 \text{ mm}$$

$$A = 134.68 \text{ mm}^2 = 1.34 \text{ cm}^2$$

$$P = \tau * A \quad [\text{Ec.54}]$$

Datos:

$$\tau = 4368.19 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

$$A = 1.34 \text{ cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.54] se obtiene:

$$P = 4368.19 \text{ Kgf} / \text{cm}^2 * 1.34 \text{ cm}^2$$

$$P = 5853.37 \text{ Kgf}$$

Este es el valor de resistencia a la tracción que soporta cada cordón de soldadura, el ángulo está sujeto al perfil por tres cordones de lado y lado lo que quiere decir que la resistencia total de la soldadura será:

$$P = 5853.37 \text{ Kgf} * 6$$

$$P = 35120.24 \text{ Kgf}$$

Entonces es 430.6 veces, que soporta la fuerza F1 de 81.56 Kgf por cada ángulo, ver (figura 2.59).

$$q = \frac{P}{L} \quad [\text{Ec.55}]$$

Datos:

$$P = 5853.37 \text{ Kgf}$$

$$L = 60 \text{ mm}$$

Reemplazando valores en [Ec.55] se obtiene:

$$q = \frac{5853.37 \text{ Kgf}}{60 \text{ mm}}$$

$$q = 97.55 \text{ Kgf / mm}$$

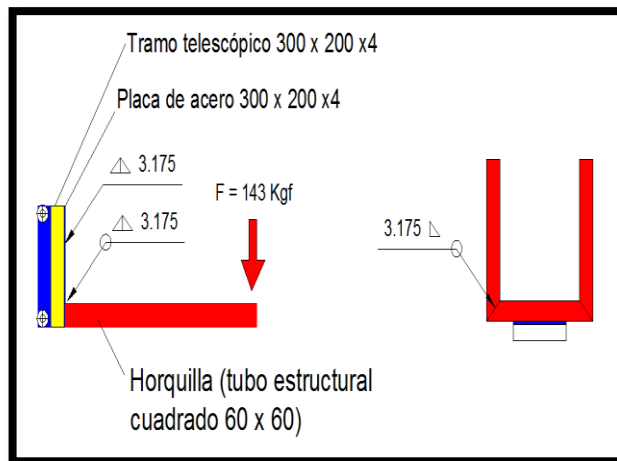
Este valor indica la resistencia de la soldadura por milímetro de longitud soldada en cada cordón de 60 mm de longitud.

#### **2.22.2.2 Soldadura de guías de tramos telescópicos a perfiles estructurales de 2000 x 50 x 25 x 4 mm**

La T compuesta por ángulos y platinas de 2000 x 25 x 3 mm, referencia (anexo 1) perfiles ángulo y platinas de norma ASTM A-36 SAE 1008 a perfiles estructurales 2000 x 50 x 25 x 4 mm, se realiza la unión por soldadura como se muestra en la (figura 2.59), sin sustentar cuantitativamente el diseño de la soldadura ya que la fuerza transversal es despreciable porque solo sirven de guías de los tramos telescópicos al descender la carga de uno a otro tramo.

#### **2.22.3 Soldadura de placa de acero 300 x 200 x 4 mm a horquilla y a tramo telescópico de 300 x 50 x 25 x 4 mm**

En la (figura 2.60), se muestra la fuerza que actúa sobre la horquilla la cual transmite esta fuerza a la placa de acero ASTM A36, referencia (anexo 1) plancha de acero laminado en caliente y esta al tramo telescópico.



Elaborado por: Autores

Figura 2.60 Diagrama de fuerzas que actúan sobre horquilla, placa de acero y tramo telescópico

### 2.22.3.1 Soldadura de horquilla a placa de acero de 300 x 200 x 4 mm

$$A = L * a * \text{sen } 45^\circ = 0.707 L * a \quad [\text{Ec.56}]$$

Donde:

A = Área de la sección de la garganta sometida a cortante [mm<sup>2</sup>]

L = Longitud del cordón [mm]

a = Ancho de las bases del cordón [mm]

Datos:

L = 520 mm

a = 3.175 mm

Reemplazando valores en [Ec.56] se obtiene:

$$A = 0.707 * 520 \text{ mm} * 3.175 \text{ mm}$$

$$A = 1167.25 \text{ mm}^2 = 11.67 \text{ cm}^2$$

$$P = \tau * A \quad [\text{Ec.54}]$$

Datos:

$$\tau = 4368.19 \text{ Kgf / cm}^2$$

$$A = 11.67 \text{ cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.54] se obtiene:

$$P = 4368.19 \text{ Kgf / cm}^2 * 11.67 \text{ cm}^2$$

$$P = 50976.77 \text{ Kgf}$$

Este es el valor de resistencia a la tracción que soporta la soldadura y es 356.48 veces, que soporta la fuerza F de 143 Kgf, ver (figura 2.60).

$$q = \frac{P}{L} \quad [\text{Ec.55}]$$

Datos:

$$P = 50976.77 \text{ Kgf}$$

$$L = 520 \text{ mm}$$

Reemplazando valores en [Ec.55] se obtiene:

$$q = \frac{50976.77 \text{ Kgf}}{520 \text{ mm}}$$

$$q = 98.03 \text{ Kgf / mm}$$

Este valor indica la resistencia de la soldadura por milímetro de longitud soldada en de 520 mm de longitud.

### 2.22.3.2 Soldadura de horquilla y placa de acero de 300 x 200 x 4 mm a tramo telescópico 300 x 50 x 25 x 4 mm

$$A = L * a * \text{sen } 45^\circ = 0.707 L * a \quad [\text{Ec.56}]$$

Donde:

A = Área de la sección de la garganta sometida a cortante [mm<sup>2</sup>]

L = Longitud del cordón [mm]

a = Ancho de las bases del cordón [mm]

Datos:

L = 300 mm

a = 3.175 mm

Reemplazando valores en [Ec.56] se obtiene:

A = 0.707 \* 300 mm \* 3.175 mm

A = 673.41 mm<sup>2</sup> = 6.73 cm<sup>2</sup>

$$P = \tau * A \quad [\text{Ec.54}]$$

Datos:

$\tau = 4368.19 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$

A = 6.73 cm<sup>2</sup>

Reemplazando valores en [Ec.54] se obtiene:

$$P = 4368.19 \text{ Kgf} / \text{cm}^2 * 6.73 \text{ cm}^2$$

$$P = 29397.91 \text{ Kgf}$$

Este es el valor de resistencia a la tracción que soporta la soldadura por cada cordón de cada lado del tramo telescópico y es 205.57 veces, que soporta la fuerza F de 143 Kgf, ver (figura 2.60).

$$q = \frac{P}{L} \quad [\text{Ec.55}]$$

Datos:

$$P = 29397.91 \text{ Kgf}$$

$$L = 300 \text{ mm}$$

Reemplazando valores en [Ec.55] se obtiene:

$$q = \frac{29397.91 \text{ Kgf}}{300 \text{ mm}}$$

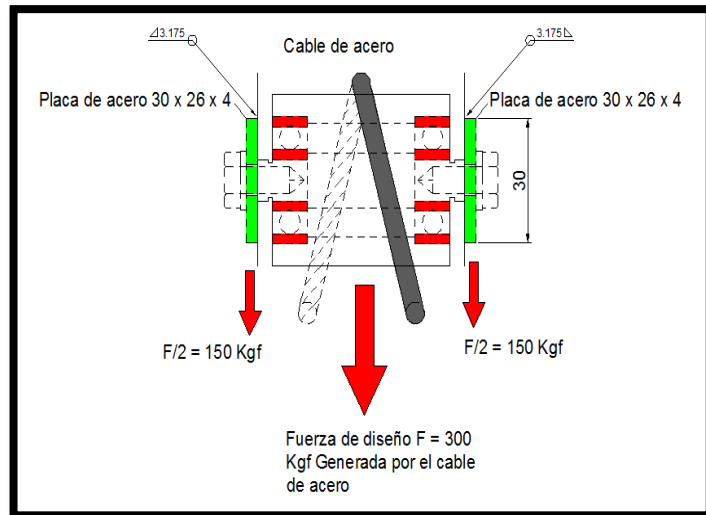
$$q = 97.99 \text{ Kgf} / \text{mm}$$

Este valor indica la resistencia de la soldadura por milímetro de longitud soldada en 300 mm de longitud.

#### **2.22.4 Soldadura de placas de acero 30 x 26 x 4 mm sujetadoras de cilindros a tramos telescópicos de 2000 x 50 x 25 x 4 mm y a columna fija**

En la (figura 2.61), se muestra la fuerza que actúa sobre las placas de acero generada por el cable de acero, que transmite al cilindro este al eje y este a las placas. Se realiza el cálculo en la columna fija que es donde está ubicado el último cilindro de tres, que son las placas que soportan toda la fuerza de diseño.





Elaborado por: Autores

Figura 2.61 Diagrama de fuerzas que actúan sobre las placas de acero

$$A = L * a * \text{sen } 45^\circ = 0.707 L * a \quad [\text{Ec.56}]$$

Donde:

$A$  = Área de la sección de la garganta sometida a cortante [mm<sup>2</sup>]

$L$  = Longitud del cordón [mm]

$a$  = Ancho de las bases del cordón [mm]

Datos:

$L = 68$  mm

$a = 3.175$  mm

Reemplazando valores en [Ec.56] se obtiene:

$A = 0.707 * 68 \text{ mm} * 3.175 \text{ mm}$

$A = 152.64 \text{ mm}^2 = 1.52 \text{ cm}^2$

$$P = \tau * A \quad [\text{Ec.54}]$$

Datos:

$$\tau = 4368.19 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

$$A = 1.52 \text{ cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.54] se obtiene:

$$P = 4368.19 \text{ Kgf} / \text{cm}^2 * 1.52 \text{ cm}^2$$

$$P = 6639.64 \text{ Kgf}$$

Este es el valor de resistencia a la tracción total que soporta la soldadura y es 44.26 veces, que soporta la fuerza  $F/2$  de 150 Kgf por cada placa de acero, ver (figura 2.61).

$$q = \frac{P}{L} \quad [\text{Ec.55}]$$

Datos:

$$P = 6639.64 \text{ Kgf}$$

$$L = 68 \text{ mm}$$

Reemplazando valores en [Ec.55] se obtiene:

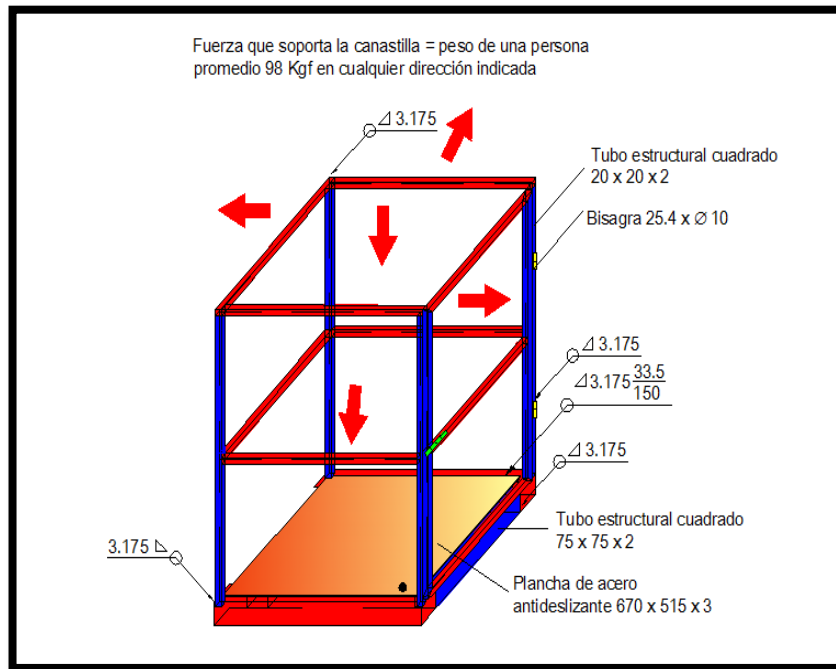
$$q = \frac{6639.64 \text{ Kgf}}{68 \text{ mm}}$$

$$q = 97.64 \text{ Kgf} / \text{mm}$$

Este valor indica la resistencia de la soldadura por milímetro de longitud soldada.

### 2.22.5 Soldadura de canastilla

En el diseño de la soldadura de la canastilla interviene como fuerza crítica de diseño el peso de la persona promedio más el peso de herramientas que es de 98 Kgf, ver (páginas 54, 55), que debe soportar la soldadura de la base, la plancha de acero antideslizante y el cerramiento de la canastilla como se muestra en la (figura 2.62).



Elaborado por: Autores

Figura 2.62 Diagrama de fuerzas que actúan sobre la canastilla

#### 2.22.5.1 Soldadura de la base

La base está constituida 4 tramos de tubo estructural cuadrado 75 x 75 x 2 mm, unidos mediante soldadura como se muestra en la (figura 2.62).

$$A = L * a * \text{sen } 45^\circ = 0.707 L * a \quad [\text{Ec.56}]$$

Donde:

A = Área de la sección de la garganta sometida a cortante [mm<sup>2</sup>]

L = Longitud del cordón [mm]

a = Ancho de las bases del cordón [mm]

Datos:

L = 75 + 75 = 150 mm, (soldadura en los extremos del travesaño)

a = 3.175 mm

Reemplazando valores en [Ec.56] se obtiene:

A = 0.707 \* 150 mm \* 3.175 mm

A = 336.7 mm<sup>2</sup> = 3.36 cm<sup>2</sup>

$$P = \tau * A \quad [\text{Ec.54}]$$

Datos:

$\tau = 4368.19 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$

A = 3.36 cm<sup>2</sup>

Reemplazando valores en [Ec.54] se obtiene:

P = 4368.19 Kgf / cm<sup>2</sup> \* 3.36 cm<sup>2</sup>

P = 14677.11 Kgf

Este es el valor de resistencia a la tracción total que soporta la soldadura y es 149.76 veces, que soporta la fuerza F de 98 Kgf por cada travesaño, ver (figura 2.62).

$$q = \frac{P}{L} \quad [\text{Ec.55}]$$

Datos:

$$P = 14677.11 \text{ Kgf}$$

$$L = 150 \text{ mm}$$

Reemplazando valores en [Ec.55] se obtiene:

$$q = \frac{14677.11 \text{ Kgf}}{150 \text{ mm}}$$

$$q = 97.84 \text{ Kgf / mm}$$

Este valor indica la resistencia de la soldadura por milímetro de longitud soldada.

#### **2.22.5.2 Soldadura de la plancha de acero antideslizante a tubo estructural cuadrado 75 x 75 x 2 mm**

$$A = L * a * \text{sen } 45^\circ = 0.707 L * a \quad [\text{Ec.56}]$$

Donde:

A = Área de la sección de la garganta sometida a cortante [mm<sup>2</sup>]

L = Longitud del cordón [mm]

a = Ancho de las bases del cordón [mm]

Datos:

L = 33.5 mm, (soldadura en los extremos del travesaño)

a = 3.175 mm

Reemplazando valores en [Ec.56] se obtiene:

$$A = 0.707 * 33.5 \text{ mm} * 3.175 \text{ mm}$$

$$A = 75.19 \text{ mm}^2 = 0.75 \text{ cm}^2$$

$$P = \tau * A \quad [\text{Ec.54}]$$

Datos:

$$\tau = 4368.19 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

$$A = 0.75 \text{ cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.54] se obtiene:

$$P = 4368.19 \text{ Kgf} / \text{cm}^2 * 0.75 \text{ cm}^2$$

$$P = 3276.14 \text{ Kgf}$$

Este es el valor de resistencia a la tracción total que soporta la soldadura y es 33.43 veces, que soporta la fuerza  $F$  de 98 Kgf por cada cordón, en cada lado de la plancha existen aproximadamente 6 cordones. Ver (figura 2.62).

$$q = \frac{P}{L} \quad [\text{Ec.55}]$$

Datos:

$$P = 3276.14 \text{ Kgf}$$

$$L = 33.5 \text{ mm}$$

Reemplazando valores en [Ec.55] se obtiene:

$$q = \frac{3276.14 \text{ Kgf}}{33.5 \text{ mm}}$$

$$q = 97.79 \text{ Kgf / mm}$$

Este valor indica la resistencia de la soldadura por milímetro de longitud soldada de la plancha al tubo cuadrado de la base.

### **2.22.5.3 Soldadura de cerramiento y puerta de tubo estructural cuadrado 20 x 20 x 2 mm**

La soldadura se la realiza como se muestra en la (figura 2.62).

$$A = L * a * \text{sen } 45^\circ = 0.707 L * a \quad [\text{Ec.56}]$$

Donde:

A = Área de la sección de la garganta sometida a cortante [mm<sup>2</sup>]

L = Longitud del cordón [mm]

a = Ancho de las bases del cordón [mm]

Datos:

$$L = 20 \times 4 = 80 \text{ mm}$$

$$a = 3.175 \text{ mm}$$

Reemplazando valores en [Ec.56] se obtiene:

$$A = 0.707 * 80 \text{ mm} * 3.175 \text{ mm}$$

$$A = 179.57 \text{ mm}^2 = 1.79 \text{ cm}^2$$

$$P = \tau * A \quad [\text{Ec.54}]$$

Datos:

$$\tau = 4368.19 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

$$A = 1.79 \text{ cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.54] se obtiene:

$$P = 4368.19 \text{ Kgf} / \text{cm}^2 * 1.79 \text{ cm}^2$$

$$P = 7819.06 \text{ Kgf}$$

Este es el valor de resistencia a la tracción que soporta la soldadura y es 79.78 veces, que soporta la fuerza F de 98 Kgf por cada cordón del cerramiento y puerta de la canastilla, ver (figura 2.62).

$$q = \frac{P}{L} \quad [\text{Ec.55}]$$

Datos:

$$P = 7819.06 \text{ Kgf}$$

$$L = 80 \text{ mm}$$

Reemplazando valores en [Ec.55] se obtiene:

$$q = \frac{7819.06 \text{ Kgf}}{80 \text{ mm}}$$

$$q = 97.73 \text{ Kgf} / \text{mm}$$



Este valor de (q) indica la resistencia de la soldadura por milímetro de longitud soldada.

#### 2.22.5.4 Soldadura de bisagras

$$A = L * a * \text{sen } 45^\circ = 0.707 L * a \quad [\text{Ec.56}]$$

Donde:

A = Área de la sección de la garganta sometida a cortante [mm<sup>2</sup>]

L = Longitud del cordón [mm]

a = Ancho de las bases del cordón [mm]

Datos:

L = 50.8 mm, ver (figura 2.62)

a = 3.175 mm

Reemplazando valores en [Ec.56] se obtiene:

$$A = 0.707 * 50.8 \text{ mm} * 3.175 \text{ mm}$$

$$A = 114.03 \text{ mm}^2 = 1.14 \text{ cm}^2$$

$$P = \tau * A \quad [\text{Ec.54}]$$

Datos:

$$\tau = 4368.19 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

$$A = 1.14 \text{ cm}^2$$

Reemplazando valores en [Ec.54] se obtiene:

$$P = 4368.19 \text{ Kgf} / \text{cm}^2 * 1.14 \text{ cm}^2$$

$$P = 4979.73 \text{ Kgf}$$

Este es el valor de resistencia a la tracción que soporta la soldadura y es 50.81 veces, que soporta la fuerza F de 98 Kgf por cada cordón, ver (figura 2.62).

$$q = \frac{P}{L} \quad [\text{Ec.55}]$$

Datos:

$$P = 4979.73 \text{ Kgf}$$

$$L = 50.8 \text{ mm}$$

Reemplazando valores en [Ec.55] se obtiene:

$$q = \frac{4979.73 \text{ Kgf}}{50.8 \text{ mm}}$$

$$q = 98.02 \text{ Kgf} / \text{mm}$$

Este valor indica la resistencia de la soldadura por milímetro de longitud soldada.

## **CAPÍTULO 3**

### **COSTOS**

El presente capítulo analiza los costos que se ocasionan en el diseño y construcción del equipo, con el fin de determinar el precio que tendrá en el mercado nacional.

Se realiza un análisis de todas las partes que está compuesta la máquina para establecer una comparación del valor del equipo diseñado y construido, con respecto a equipos importados.

#### **3.1 Estudio de costos**

Para desarrollar el estudio y análisis de costos se ha procedido a dividir a la máquina diseñada en grupos o unidades con el fin de simplificar el desglose de los costos que implican el diseño y la construcción del equipo.

Los grupos y elementos de análisis son:

Costos directos:

- Costos de la estructura del equipo.
- Costos del sistema de deslizamiento.
- Costos del sistema de elevación.
- Costos de utilización de maquinaria.
- Costos por insumos generales.
- Costos de mano de obra.

Costos indirectos:

- Costos de Ingeniería.
- Costos de imprevistos.
- Utilidad.

### **3.2 Costos de la estructura del equipo**

Los costos que conllevan la construcción de este grupo, contemplan los materiales que se han de emplear en la construcción, así como la forma y dimensiones de los elementos o partes que componen la estructura.

Los precios están basados en proformas, cotizaciones y facturas, solicitadas a empresas que comercializan dichos productos, con precios vigentes en el mercado nacional, sin el impuesto al valor agregado. Según referencia, (anexo 4).

Para un mejor entendimiento de los valores presentados se ha elaborado un detalle de todos los elementos que conforman la estructura, estableciendo la debida identificación por un código de plano de construcción y sus correspondientes denominaciones que se detallan en las (tablas 3.1–3.1.1–3.1.2), referencia, (anexo 9).

Hay que tomar en cuenta que para obtener el valor total de cada uno de ellos se ha realizado los cálculos tomando en cuenta los siguientes factores:

- Peso específico del material, que en este caso se toma el valor del acero.
- Volumen de la pieza a construir.
- Costo por cada kilogramo del material a emplearse.
- Cantidad de piezas a construir.

En función de lo mencionado se toma como ejemplo el elemento base metálica.

### 3.2.1 Cálculo del peso de material por pieza

$$P_{mp} = V_p * \gamma \quad [\text{Ec. 57}]$$

Donde:

$P_{mp}$  = Peso de material por pieza

$V_p$  = Volumen de pieza

$\gamma$  = Peso específico del acero

Datos:

Dim. Brutas = Tubo □ (60 x 60 x 3) mm

L = 1880 mm

Tipo de material = Acero ASTM A 569

$\gamma = 7.85 \times 10^{-6} \text{ kgf} / \text{mm}^3$

CKgm = 1.23 USD.

#p = 2

Reemplazando valores en [Ec. 57] se obtiene:

$$P_{mp} = (1353600) \text{ mm}^3 * 7.85 \times 10^{-6} \text{ Kgf} / \text{mm}^3$$

$$P_{mp} = 10.63 \text{ Kgf}$$

Para calcular el volumen de la pieza de análisis va a depender básicamente de la forma y dimensión de la misma.

### 3.2.2 Costo total del material por pieza

$$C_{tmp} = \#p * P_{mp} * CK_{gm} \quad [Ec. 58]$$

Donde:

$C_{tmp}$  = Costo total del material por pieza

$\#p$  = Número de piezas

$P_{mp}$  = Peso del material por pieza

$CK_{gm}$  = Costo por cada kilogramo de material

Datos:

$\#p = 2$

$P_{mp} = 10.63 \text{ Kgf}$

$CK_{gm} = 1.23 \text{ USD.}$

Reemplazando valores en [Ec. 58] se obtiene:

$$C_{tmp} = 2 * 10.63 \text{ Kgf} * 1.23 \text{ USD} / \text{Kgf}$$

$$C_{tmp} = 26.14 \text{ USD.}$$

El procedimiento de cálculo va a ser el mismo para el restante de piezas de la estructura metálica, en función de la forma y medidas establecidas en los planos de construcción.

### **3.2.3 Tiempos de mecanizado de la estructura metálica del equipo**

Los tiempos de mecanizado ocasionan costos durante la construcción de los elementos de la estructura, por tanto, se requiere utilizar diferentes máquinas herramientas como taladro de pedestal, soldadora, etc.

Se debe tomar en cuenta costos que producen la hora de utilización de cada una de estas máquinas, así como el costo de hora hombre, al igual que los tiempos estimados en el montaje de las piezas fabricadas.

Para el estudio del tiempo total que produce la utilización del taladro de pedestal en las diferentes operaciones, se asume los valores mostrados en la (tabla 3.2.1), referencia (anexo 9).

Sintetizando los tiempos empleados en la utilización de la maquinaria empleada durante la construcción de la estructura metálica del equipo, se ha elaborado la (tabla 3.2), referencia (anexo 9).

### **3.3 Costos de mecanismo de deslizamiento**

Los elementos del mecanismo de deslizamiento presentan similitudes tanto en los procesos de fabricación como en la forma del material, es decir perfiles y ejes. Por lo tanto, la forma de cálculo de costos especificados en la estructura, van a ser los mismos para el mecanismo de deslizamiento. Los mismos que se detallan en las (tablas 3.3 - 3.3.1 - 3.3.2), referencia (anexo 9).

#### **3.3.1 Tiempos de mecanizado en el torno**

Para calcular los costos que se genera por la utilización de esta máquina herramienta intervienen los siguientes factores de análisis:

- Longitud a torneear
- Número de pasadas

- Número de revoluciones de trabajo
- Avance seleccionado de la máquina

Para el efecto se requiere el cálculo de las revoluciones a trabajar, con el fin de determinar así el tiempo total de mecanizado.

### 3.3.2 Cálculo de revoluciones por minuto del torno

Para demostrar los cálculos realizados se va a tomar como modelo explicativo el elemento “eje sujetador roscado en el sistema de deslizamiento”.

$$V_h = \frac{30 * 1000}{\emptyset * \pi} \quad [\text{Ec. 59}]^{86}$$

Donde:

$V_h$  = Velocidad del husillo

$\emptyset$  = Dimensiones brutas

Datos:

Dimensiones brutas. =  $\emptyset$  25 mm

Avance del torno = 0.2 mm. / rev

Longitud a tornear = 45 mm

Número de pasadas = 12

Reemplazando valores en [Ec. 59] se obtiene:

---

<sup>86</sup> LARBURU, Nicolás. Op. Cit. Pág. 485



$$V_h = \frac{30 * 1000}{25 \text{ mm} * \pi}$$

$$V_h = 381.97 \text{ rev/min}$$

### 3.3.3 Cálculo del tiempo total de mecanizado en el torno

$$T_{tmt} = \frac{\text{long tornear} * \# \text{ pasadas}}{\text{av torno} * V_h} \quad [\text{Ec. 60}]^{87}$$

Donde:

$T_{tmt}$  = Tiempo total de mecanizado en el torno

long tornear = Longitud a tornear

# pasadas = Número de pasadas

av torno = Avance del torno

$V_h$  = Velocidad del husillo

Datos:

Longitud a tornear = 45 mm

Número de pasadas = 12

Avance del torno = 0.2 mm/rev

Velocidad del husillo = 381.97 rev/min

Reemplazando valores en [Ec. 60] se obtiene:

---

<sup>87</sup> LARBURU, Nicolás. Op. Cit. Pág. 485

$$T_{tmt} = \frac{45 \text{ mm} * 12}{0.2 \text{ mm/rev} * 381.97 \text{ rev/min}}$$

$$T_{tmt} = 7.07 \text{ min}$$

La forma de cálculo va a ser el mismo para todas aquellas piezas que deben pasar por el proceso de torneado.

El detalle de todos los tiempos de mecanizado del mecanismo de deslizamiento tanto, de torno, taladro de pedestal, soldadura y montaje se indican en las (tablas 3.4 – 3.4.1 – 3.4.2), referencia (anexo 9).

### **3.4 Costos de mecanismo de elevación**

Los costos de materiales del mecanismo de elevación, están debidamente especificados en las (tablas 3.5 – 3.5.1 – 3.5.2), referencia (anexo 9). En la misma, que se detalla los elementos o piezas empleados para la fabricación del mecanismo.

El detalle de los costos de tiempos de mecanizado se muestra en las (tablas 3.6 – 3.6.1 – 3.6.2), referencia (anexo 9).

### **3.5 Costos de utilización de maquinaria**

Los costos de utilización de maquinaria hace referencia al valor total que se produce por el uso de mano de obra y de cada una de las máquinas durante la construcción del equipo, dichos valores están indicados en la (tabla 3.7), mostrada en el (anexo 9) con un resumen elaborado de los tiempos totales de cada una de las máquinas a emplearse durante la construcción de la máquina.

Para desarrollar el correspondiente cálculo se ha considerado los siguientes parámetros:

- Costo de la hora de cada una de las máquinas a emplearse

- Costos de la hora hombre

A modo de ejemplo se desarrolla el cálculo para el caso del torno:

$$\mathbf{Cum = Ttum * Cc/h\ torno} \quad [\text{Ec. 61}]$$

Donde:

Cum = Costo de utilización de la maquinaria

Ttum = Tiempo total de utilización de la maquinaria

Cc/h torno = Costo de cada hora de torno

Datos:

Ttum = 357.39 minutos = 5.95 horas

Cc/h torno = 6 USD/hora, según referencia (anexo 6). Costos de procesos FRAMADE.

Reemplazando valores en [Ec. 61] se obtiene:

Cum = 5.95 h \* 6 USD/h

Cum = 35.7 USD

$$\mathbf{Cm/h = Ttum * Ch/h} \quad [\text{Ec. 62}]$$

Donde:

Cm/h = Costo máquina hombre

Ttum = Tiempo total de utilización de la maquinaria

Ch/h = Costo hora hombre

Datos:

T<sub>tum</sub> = 357.39 minutos = 5.95 horas

Ch/h = 2.90 USD, según referencia (tabla 3.10 - 3.11)

Reemplazando valores en [Ec. 62] se obtiene:

Cm/h = 5.95 \* 2.90 USD/h

Cm/h = 17.25 USD

$$\mathbf{CT = Cum + Cm/h} \quad [\text{Ec.63}]$$

Donde:

CT = Costo total

Cum = Costo utilización de la maquinaria

Cm/h = Costo máquina hombre

Datos:

Cum = 35.7 USD

Cm/h = 17.25 USD

Reemplazando valores en [Ec. 63] se obtiene:

CT = 35.7 USD + 17.25 USD

CT = 52.95 USD

### 3.6 Costos por insumos generales

Dentro de los costos por insumos generales se puede decir que estos van a representar en gran parte los acabados finales del equipo en general. Los cuales están listados en la (tabla 3.8), referencia (anexo 9), mostrando los precios de comercialización y la cantidad a emplearse de cada uno de ellos en la construcción de la máquina.

### 3.7 Costos de mano de obra

En la fabricación de la estructura del equipo se utilizan diversos procesos, a los cuales se suma el valor de la mano de obra que está estipulada en la (tabla 3.10), de sueldos y salarios del ministerio de relaciones laborales 2013.

CARGO / ACTIVIDAD	ESTRUCTURA OCUPACIONAL	COMENTARIOS / DETALLES DEL CARGO O ACTIVIDAD	CÓDIGO IEES	SALARIO MINIMO SECTORIAL 2013
JEFE DE PRIMER NIVEL DEL SECTOR DE METALMECÁNICA	B1	INCLUYE: JEFE DE MANTENIMIENTO, JEFE DE DISTRIBUCIÓN Y LOGÍSTICA, JEFE DE CONTROL DE CALIDAD, JEFE DE RECURSOS HUMANOS, JEFE DE PRODUCCIÓN, JEFE DE BODEGA, JEFE DE PLANTA, JEFE DE PROYECTO, JEFE DE VENTAS	0810000000001	334,22
JEFE/COORDINADOR DEL SECTOR DE METALMECÁNICA	B2	INCLUYE: JEFE DE SECCIÓN, JEFE DE INSTALACION, JEFE DE TALLER, JEFE DE ENDEREZADOR, JEFE DE MAESTRANZA, JEFE DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS; JEFE DE MATRICEROS, JEFE DE RODILLOS Y CAJAS DE LAMINACIÓN, JEFE DE TALLERES DE REPETIDORES, JEFE DE MANTENIMIENTO MECÁNICO Y ELÉCTRICO	0804289300002	331,52
ANALISTA/ESPECIALISTA/ INSPECTOR/SUPERVISOR DEL SECTOR DE METALMECÁNICA	B3	INCLUYE: SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO MECANICO, SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO ELECTRICO, SUPERVISOR DE CILINDROS DE LAMINACION, SUPERVISOR REFRACTARIO, SUPERVISOR DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS, SUPERVISOR DE PATIOS Y MOVIMIENTO, SUPERVISOR DE ENDEREZADORA, SUPERVISOR COLADA CONTINUA, SUPERVISOR ABASTECIMIENTO MATERIA PRIMA, INSPECTOR DE CONTROL DE CALIDAD, INSPECTOR DE PALANQUILLA, INSPECTOR MANTENIMIENTO ELECTRICO PREVENTIVO, INSPECTOR MANTENIMIENTO MECANICO PREVENTIVO	0830000000003	331,52
OPERADOR ESPECIALIZADO DE MAQUINARIA/EQUIPO DEL SECTOR DE METALMECÁNICA	C1	INCLUYE: OPERADOR OXCORTE DIGITAL, OPERADOR BAROLADORA DIGITAL, ELECTROMECAÁNICO, ELECTRÓNICO, OPERADOR DE CORTE DE HILO, OPERADOR DE MÁQUINAS DE ELECTROEROSIÓN, PREPARADOR DE COLORES, OPERADOR DE SECCION	0810000000004	331,52
OPERADOR GENERAL DE MAQUINARIA/EQUIPO DEL SECTOR DE METALMECÁNICA	C2	INCLUYE: OPERADOR JUNIOR, OPERADOR SENIOR	0820000000005	328,78
TÉCNICOS DEL SECTOR DE METALMECÁNICA	C2	INCLUYE: TORNERO, CERRAJERO, SOLDADOR ESPECIALIZADO, ELECTRICISTA ESPECIALIZADO, MECANICO ESPECIALIZADO	0820000000006	328,78
ESMALTADOR Y ENLOZADOR DE UTENSILLOS DE USO DOMÉSTICO	C3		0804289900106	327,96
AUXILIAR / AYUDANTE DEL SECTOR DE METALMECÁNICA	D2	INCLUYE: AYUDANTE JUNIOR, AYUDANTE SENIOR	0820000000009	326,62

Fuente: Correolegal.com.

Tabla 3.10 Sueldos y salarios M.R.L.

Para determinar el costo de la mano de obra es pertinente considerar un operario que trabajará ocho horas diarias cinco días a la semana y veintidós días al mes, tomando

en cuenta estos parámetros y las leyes laborales vigentes se ha determinado los valores mensuales con su respectivo desglose de valores en la (tabla 3.11).

No.	CARGO	SUELDO BÁSICO	DÉCIMO TERCERO	DÉCIMO CUARTO	VACACIONES	FONDO RESERVA	APORTE PATRONAL	TOTAL COSTO EMPRESA MENSUAL
1	Operario	328.78	27.40	26.50	13.7	27.40	39.95	<b>463.73</b>

Fuente: Los Autores.

Tabla 3.11 Valores mensuales de técnicos del sector de metalmecánica

Estableciéndose el valor de mano de obra de 2.90 USD por c/hora de trabajo.

### 3.8 Costos indirectos

El costo indirecto se halla constituido por aquellos gastos que no se pueden o no conviene fijarlos en los departamentos o centros de costos de fabricación, los mismos que se hallan formados por materiales, suministros, fuerza eléctrica, servicios básicos y por la mano de obra auxiliar o de apoyo. Los cuales son:

- Costos de Ingeniería.- se define como el costo que genera la contratación de un profesional encargado de realizar el diseño del equipo, en un tiempo aproximado de 180 horas, cuyo valor total según referencia (anexo 7), costo de ingeniería es 955.80 USD.
- Costos de imprevistos.- se toma como imprevistos a los costos pequeños que no se han considerado como impresiones de planos, materiales extras y gastos varios se recomienda tomar un valor del 3% del subtotal de los costos directos.
- Utilidad.- se define como la ganancia a partir de un bien o una inversión, la cual está entre un porcentaje del 20 al 25% del subtotal de los costos directos. Generando una utilidad de 303.32 USD.

### 3.9 Costo total del equipo

El costo total del equipo se genera por la suma de los costos directos más los costos indirectos como se detalla en la (tabla 3.12).

DENOMINACIÓN	TOTAL [USD]
Costos directos	1213.30
Costos indirectos	1295.52
<b>SUBTOTAL</b>	<b>2508.82 USD</b>

Elaborado por: Autores

Tabla 3.12 Costo total

Calculado el costo total del equipo, según referencia (tabla 3.9) mostrada en el (anexo 9) y (anexo 4) de proformas y facturas de equipos similares de venta en (España – CE), se realiza una comparación de costos del equipo diseñado y construido con un equipo importado como se detalla en la (tabla 3.13).

Los costos que genera importar maquinaria industrial va a depender básicamente de factores como:

- Lugar de procedencia (España – CE).
- Gastos que generan el transporte por vía marítima, depende de cada naviera en este caso se transportara en un contenedor de 20 pies, con un costo de 2500 USD, referencia (anexo 5) costo de naviera.
- Arancel nacional de importaciones, referencia (anexo 5).

DENOMINACIÓN	COSTO [USD]	ARANCELES DE IMPORTACIÓN (incluido I.V.A)	TRANSPORTE A PUERTO (ECUADOR) [USD]	TOTAL [USD]
Elevador diseñado y construido	2738.23	-	-	<b>2508.82</b>
Elevador importado	3641.4	15 %	2500	<b>7190.11</b>

Elaborado por: Autores

Tabla 3.13 Elevador diseñado y construido vs importado

Como se puede observar en la (tabla 3.13), el equipo diseñado y construido es **(65.10 %)** menos costoso que un elevador importado.



## CONCLUSIONES

- Se logra el objetivo principal planteado al inicio del presente trabajo de grado, realizando el diseño y construcción del elevador vertical manual tipo apilador para el mantenimiento e instalaciones industriales aéreas.
- El equipo posee la capacidad de elevar la carga a una altura de 5000 mm medidos desde la base con el mínimo esfuerzo del operador, así como también transportar cargas ya que se transforma en apilador de manera fácil y rápida.
- El factor de seguridad con el cual se diseña los elementos, sistemas y mecanismos del equipo en el presente trabajo de grado, es mayor que dos, lo cual brinda la confiabilidad y durabilidad de los materiales e insumos con los que está construida la máquina.
- Las pruebas de campo:
  - Dimensiones principales.
  - Funcionamiento de sistemas.
  - Pruebas de operación.
  - Seguridad para el operario.
  - Seguridad para la carga.

Confirman que el equipo cumple con los parámetros establecidos de diseño y construcción.

- El equipo diseñado y construido es (65.10 %) menos costoso que un elevador vertical manual importado.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda leer el instructivo de operación y mantenimiento antes de operar el equipo.
- No sobre cargar el equipo más de la capacidad para la que fue diseñado.
- Durante la operación de la máquina no permitir personal bajo la horquilla cuando la máquina esté desplegada totalmente, porque podría ocurrir graves accidentes.
- Realizar el mantenimiento en los diversos sistemas de la máquina de acuerdo a los tiempos establecidos en el instructivo de mantenimiento.
- En el caso de cabrestante, cable y sistemas que constituyen el equipo verificar su correcto funcionamiento.
- Verificar la disponibilidad de los diferentes materiales, insumos y maquinas herramientas en el mercado nacional para la construcción del equipo.
- En la construcción de los diferentes elementos que constituyen el equipo, se debe verificar las dimensiones, que se encuentren en el rango de tolerancias expuestas en los planos de construcción de tal manera que en el proceso de ensamblaje no exista contratiempos y los sistemas operen sin dificultad.
- Verificar si el equipo seleccionado, diseñado y construido cumple con las expectativas de la empresa JYXCEM CIA.LTDA. de elevar la carga, o a un trabajador a 5000 mm de altura para realizar las instalaciones y el mantenimiento de redes industriales aéreas de telecomunicaciones.

## BIBLIOGRAFÍA

- AISC, (2007). *Steel Construction AISC Manual*. (13<sup>a</sup> Ed.). United States of America, USA: American Institute of Steel Construction.
- Bresler, B., Lin, T. Y. & Scalzi, J. B. (1997). *Diseño de Estructuras de Acero*. México, Mx-DF: Limusa S.A.
- Cevallos, G. (2002). *Manual de Dibujo Técnico*. (7<sup>a</sup> Ed.). Quito, UIO: Artes Gráficas Silva.
- Gieck, (2003). *Manual de Fórmulas Técnicas*. (30<sup>a</sup> Ed.). México, MX-DF: Alfaomega Grupo Editor S.A.
- Larburu, N. (1989). *Máquinas Prontuario*. (13<sup>a</sup> Ed.). España, M: Cengage Learning Paraninfo S.A.
- Marks, *Manual del Ingeniero Mecánico*. (9<sup>a</sup> Ed.). México, MX-DF: Mcgraw – Hill / Interamericana de México, S.A.
- Meriam, J. L. (1998). *Mecánica para Ingenieros Estática*. (3<sup>a</sup> Ed.). Reverté S.A.
- McCormac, J. C. (1999). *Diseño de Estructuras Metálicas Método ASD*. (4<sup>a</sup> Ed.). México, MX-DF: Alfa Omega Grupo Editor S.A.
- Roob, L. A. (2000). *Diccionario para Ingenieros Español – Inglés e Inglés – Español*. (9<sup>a</sup> Ed.). México, MX-DF: Grupo Patria Cultural S.A.
- Shigley, J. E. (1990). *Diseño en Ingeniería Mecánica*. (5<sup>a</sup> Ed.). México, MX-DF: Mcgraw – Hill Interamericana de México S.A.
- Shigley, J. E. (2012). *Diseño en Ingeniería Mecánica*. (9<sup>a</sup> Ed.). México, MX-DF: Mcgraw – Hill Interamericana de México S.A.

- Singer, F. L. (1982). *Resistencia de Materiales*. (3<sup>a</sup> Ed.). México, MX-DF: McGraw – Hill Interamericana de México S.A.

## **Páginas web**

- <http://www.correolegal.com.ec/docs/noticias/sro618.pdf>
- <http://www.directindustry.es/prod/harsco-infrastructure/andamios-57436-805233.html>
- [http://www.dissetodiseo.com/transporte\\_elevacion/elevadores/elevador](http://www.dissetodiseo.com/transporte_elevacion/elevadores/elevador)
- [http://www.es.wikipedia.org/wiki/Cable\\_de\\_acero](http://www.es.wikipedia.org/wiki/Cable_de_acero)
- <http://www.gobantes.cl/vcont.php?id=32>
- <http://www.google.com.ec/search?hl=es&pq=carretillas+elevadoras&cp>
- <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas>
- <http://www.logismarket.com.ar/haulotte/elevador-unipersonal/1630685334-1179608898-p.html>
- <http://www.pabnato.files.wordpress.com/2010/10/transpaleta20electrica20euoyen1.jpg>
- [http://www.salvadorescoda.com/tecnico/Ma/MA14221-223\\_231\\_ManualUsuario-Sumner](http://www.salvadorescoda.com/tecnico/Ma/MA14221-223_231_ManualUsuario-Sumner)
- <http://www.uned.es/simposioenvejecimientoactivo/documentos/Normas%20APA.pdf>
- <http://www.wheelloader.es/2-1-internal-combustion-forklift-truck.html>
- <http://www.zonadiet.com/tablas/pesoideal.cgi>

## **Catálogos**

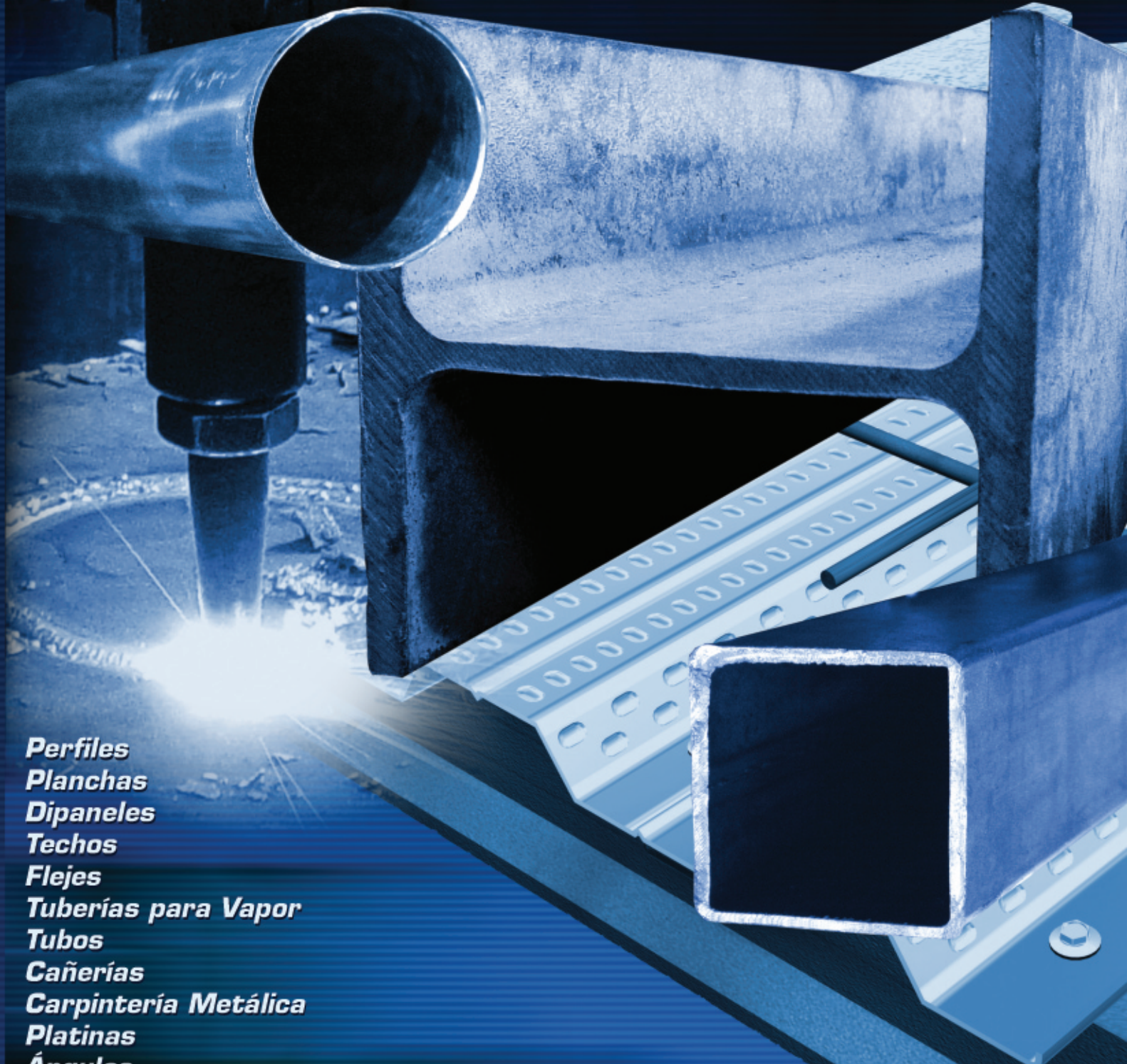
- Catálogo de cabrestantes
- Catálogo de DIPAC
- Catálogo de IPAC
- Catálogo de rodamientos NTN
- Catálogo de ruedas para transporte industrial

# **ANEXOS**

## ANEXO 1

Catálogo de perfiles, tubos estructurales, planchas de acero y cabrestante





**Perfiles**  
**Planchas**  
**Dipaneles**  
**Techos**  
**Flejes**  
**Tuberías para Vapor**  
**Tubos**  
**Cañerías**  
**Carpintería Metálica**  
**Platinas**  
**Ángulos**  
**Ejes**  
**Electrodos, Alambre MIG**  
**Cerrajería Decorativa**  
**Productos Ferreteros**

**Tubería**  
**DIPAC**®  
**PRODUCTOS DE ACERO**





## TUBERIA PARA VAPOR TUBERIA SIN COSTURA Y ACCESORIOS CEDULA 40

### Especificaciones Generales

<b>Norma</b>	ASTM A53 GrB para conducción de fluidos
<b>Recubrimiento</b>	Negro o galvanizado
<b>Largo normal</b>	6.00m
<b>Otros largos</b>	Previa Consulta
<b>Acabado</b>	Natural
<b>Otro acabado</b>	Previa Consulta

### Resistencia Mecánica

<b>Resistencia a la tracción</b>	60000 psi ( 42,2 Kg F/mm2)
<b>Límite de elasticidad</b>	35000 psi ( 24,6 Kg F/mm2 )
<b>Alargamiento</b>	0.5%



DIAMETRO NOMINAL	ESPESOR		PRESION/PRUEBA		PESO kg/mt		
	EXTERIOR		e mm	pulg			
	mm	pulg				kg/cm2	lb/pulg2
1/4"	13.70	0.54	2.24	0.08	49	700	0.63
3/8"	17.10	0.37	2.81	0.09	49	700	0.85
1/2"	21.30	0.84	2.77	0.10	49	700	1.27
3/4"	26.70	1.05	2.87	0.11	49	700	1.68
1"	33.40	1.31	3.38	0.13	49	700	2.50
1 1/4"	42.20	1.66	3.56	0.14	91	1300	3.38
1 1/2"	48.30	1.90	3.68	0.14	91	1300	4.05
2"	60.30	2.37	3.91	0.15	176	2500	5.44
2 1/2"	73.00	2.87	5.16	0.20	176	2500	8.62
3"	88.90	3.50	5.49	0.21	176	2500	11.29
4"	114.30	4.50	6.02	0.23	155	2210	16.07
5"	141.30	5.56	6.55	0.25	137	1950	21.78
6"	168.30	6.62	7.11	0.28	125	1780	28.26
8"	219.10	8.62	8.18	0.32	110	1570	42.53
10"	273.00	10.75	9.27	0.36	101	1430	60.29
12"	323.80	12.75	10.31	0.40	94	1340	79.65

#### Composición Química

Carbón	0.3
Manganeso	1.2
Fósforo	0.05
Azufre	0.06

#### Máximo porcentaje



## TUBERIA PARA VAPOR

### TUBERIA SIN COSTURA Y ACCESORIOS

### CEDULA 80

#### Especificaciones Generales

<b>Norma</b>	ASTM - A53 GrB para conducción de fluidos
<b>Recubrimiento</b>	Negro o galvanizado
<b>Largo normal</b>	6.00m
<b>Otros largos</b>	Previa Consulta



NOMINAL	DIAMETRO		ESPESOR		PRESION/PRUEBA		PESO
	EXTERIOR		e	pulg	kg/cm2	lb/pulg2	kg/m
	mm	pulg	mm				
1/4"	13.70	0.54	3.02	0.11	60	850	0.80
3/8"	17.10	0.37	3.20	0.12	60	850	1.10
1/2"	21.30	0.84	3.73	0.14	60	850	1.62
3/4"	26.70	1.05	3.91	0.15	60	850	2.19
1"	33.40	1.31	4.55	0.17	60	850	3.23
1 1/4"	42.20	1.66	4.85	0.19	134	1900	4.47
1 1/2"	48.30	1.90	5.08	0.20	134	1900	5.41
2"	60.30	2.37	5.54	0.21	176	2500	7.48
2 1/2"	73.00	2.87	7.01	0.27	176	2500	11.41
3"	88.90	3.50	7.62	0.30	176	2500	15.27
4"	114.30	4.50	8.56	0.33	197	2800	22.31
6"	168.30	6.62	10.97	0.43	193	2740	42.56

#### Composición Química

#### Máximo porcentaje

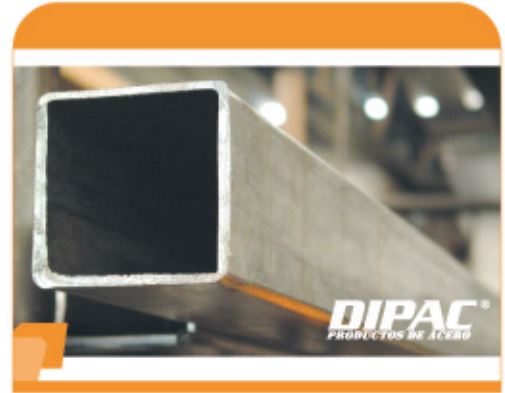
Carbón	0.3
Manganeso	1.2
Fósforo	0.05
Azufre	0.06



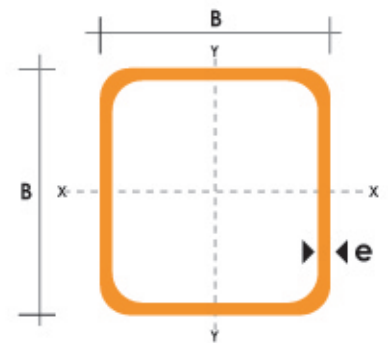
## TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

### Especificaciones Generales

<b>Norma</b>	ASTM A-500
<b>Recubrimiento</b>	Negro o galvanizado
<b>Largo normal</b>	6,00m
<b>Otros largos</b>	Previa Consulta
<b>Dimensiones</b>	Desde 20,00mm a 100,00mm
<b>Espesor</b>	Desde 2,00mm a 3,00mm



DIMENSIONES			AREA	EJES X-Xe Y-Y		
A mm	ESPESOR mm	PESO Kg/m	AREA cm <sup>2</sup>	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	i cm
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
20	2,0	1,15	1,34	0,69	0,69	0,72
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
25	2,0	1,47	1,74	1,48	1,18	0,92
30	1,2	1,09	1,38	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,46	1,15
30	2,0	1,78	2,14	2,71	1,81	1,13
40	1,2	1,47	1,80	4,38	2,19	1,25
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,56
40	2,0	2,41	2,94	6,93	3,46	1,54
40	3,0	3,54	4,44	10,20	5,10	1,52
50	1,5	2,29	2,85	11,06	4,42	1,97
50	2,0	3,03	3,74	14,13	5,65	1,94
50	3,0	4,48	5,61	21,20	8,48	1,91
60	2,0	3,66	3,74	21,26	7,09	2,39
60	3,0	5,42	6,61	35,06	11,69	2,34
75	2,0	4,52	5,74	50,47	13,46	2,97
75	3,0	6,71	8,41	71,54	19,08	2,92
75	4,0	8,59	10,95	89,98	24,00	2,87
100	2,0	6,17	7,74	122,99	24,60	3,99
100	3,0	9,17	11,41	176,95	35,39	3,94
100	4,0	12,13	14,95	226,09	45,22	3,89
100	5,0	14,40	18,36	270,57	54,11	3,84



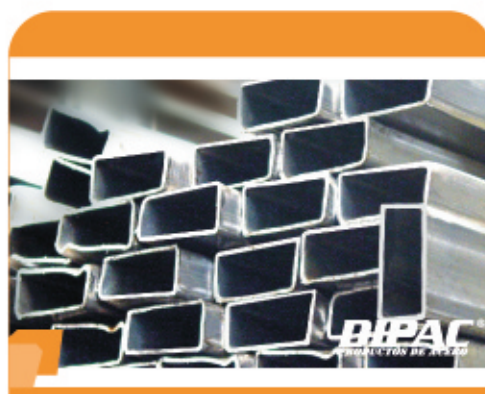




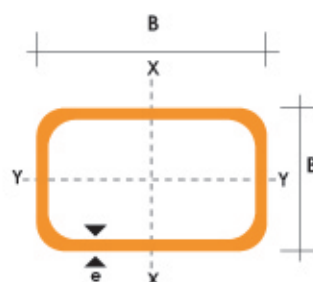
## TUBO ESTRUCTURAL RECTANGULAR

### Especificaciones Generales

<b>Norma</b>	ASTM A-500
<b>Recubrimiento</b>	Negro o galvanizado
<b>Largo normal</b>	6.00m
<b>Otros largos</b>	Previa Consulta
<b>Dimensiones</b>	Desde 12.00mm x 25.00mm a 40.00mm x 80.00mm
<b>Espesor</b>	Desde 2.00mm a 3.00mm



DIMENSIONES			AREA		EJES X-X			EJES Y-Y		
A mm	B mm	ESPESOR mm	PESO Kg/m	AREA cm2	I cm4	W cm3	i cm	I cm4	W cm3	i cm
20	40	1,2	1,09	1,32	2,61	1,30	1,12	0,88	0,88	0,83
20	40	1,5	1,35	1,65	3,26	1,63	1,40	1,09	1,09	0,81
20	40	2,0	1,78	2,14	4,04	2,02	1,37	1,33	1,33	0,79
25	50	1,5	1,71	2,10	6,39	2,56	1,74	2,19	1,75	1,02
25	50	2,0	2,25	2,74	8,37	3,35	1,75	2,80	2,24	1,01
25	50	3,0	3,30	4,14	12,56	5,02	1,74	3,99	3,19	0,99
30	50	1,5	1,88	2,25	7,27	2,91	1,80	3,32	2,21	1,21
30	50	2,0	2,41	2,94	9,52	3,81	1,80	4,28	2,85	1,21
30	50	3,0	3,30	4,21	12,78	5,11	1,74	5,66	3,77	1,16
30	70	2,0	3,03	3,74	22,20	6,34	2,44	5,85	3,90	1,25
30	70	3,0	4,48	5,41	30,50	8,71	2,37	7,84	5,23	1,20
40	60	1,5	2,29	2,91	14,90	4,97	2,26	7,94	3,97	1,65
40	60	2,0	3,03	3,74	18,08	6,13	2,22	9,81	4,90	1,62
40	60	3,0	4,48	5,41	25,31	8,44	2,16	13,37	6,69	1,57
30	70	1,5	2,34	2,91	18,08	5,17	2,49	4,76	3,17	1,28
30	70	2,0	2,93	3,74	22,20	6,34	2,44	5,85	3,90	1,25
30	70	3,0	4,25	5,41	30,50	8,71	2,37	7,84	5,23	1,20
40	80	1,5	2,76	3,74	31,75	7,94	2,91	10,77	5,39	1,70
40	80	2,0	3,66	4,54	37,32	9,33	2,87	12,70	6,35	1,67
40	80	3,0	5,42	6,61	52,16	13,04	2,81	17,49	8,75	1,63
50	100	2,0	4,52	5,74	74,94	14,99	3,61	25,65	10,26	2,11
50	100	3,0	6,71	8,41	106,34	21,27	3,56	35,97	14,39	2,07
50	150	2,0	6,17	7,74	207,45	27,66	5,18	37,17	14,87	2,19
50	150	3,0	9,17	11,41	298,35	39,78	5,11	52,54	21,02	2,15





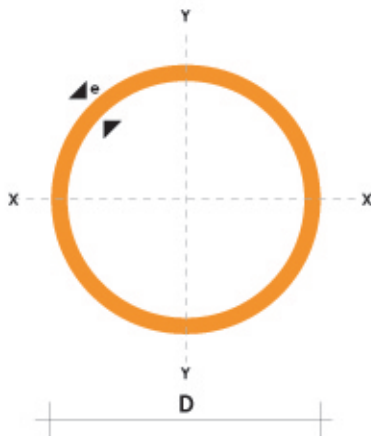
## TUBO ESTRUCTURAL REDONDO

### Especificaciones Generales

<b>Norma</b>	ASTM A-500
<b>Recubrimiento</b>	Negro o galvanizado
<b>Largo normal</b>	6.00m
<b>Otros largos</b>	Previa Consulta
<b>Dimensiones</b>	Desde 7/8" hasta 3"
<b>Espesor</b>	Desde 1.50mm a 3.00mm



DIAMETRO	ESPESOR	PESO	AREA	I	W	i
pulgadas	mm	kg/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm
7 / 8 "	1.50	0.77	0.98	0.53	0.47	0.73
1 "	1.50	0.88	1.13	0.81	0.64	0.85
1 1/4 "	1.50	1.12	1.43	1.63	1.03	1.07
1 1/2 "	1.50	1.35	1.72	2.89	1.52	1.30
1 3/4 "	1.50	1.59	2.02	4.67	2.10	1.52
2 "	1.50	1.82	2.32	7.06	2.78	1.74
2 1/2 "	1.50	2.29	2.92	14.05	4.42	2.19
3 "	1.50	2.76	3.52	24.56	6.45	2.64
1 "	2.00	1.15	1.47	1.01	0.80	0.83
1 1/4 "	2.00	1.47	1.87	2.08	1.31	1.05
1 1/2 "	2.00	1.78	2.27	3.71	1.95	1.29
1 3/4 "	2.00	2.09	2.67	6.02	2.71	1.50
2 "	2.00	2.41	3.07	9.14	3.60	1.73
2 1/2 "	2.00	3.03	3.86	18.29	5.76	2.18
3 "	2.00	3.66	4.66	32.11	8.43	2.62
2 "	3.00	3.54	4.51	12.92	5.09	1.69
2 1/2 "	3.00	4.48	5.70	26.15	8.24	2.14
3 "	3.00	5.42	6.90	46.29	12.15	2.59

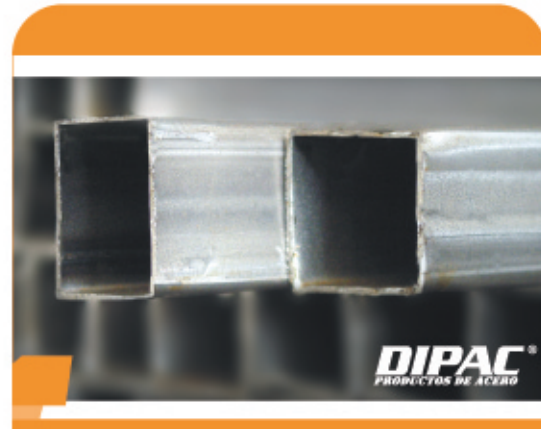




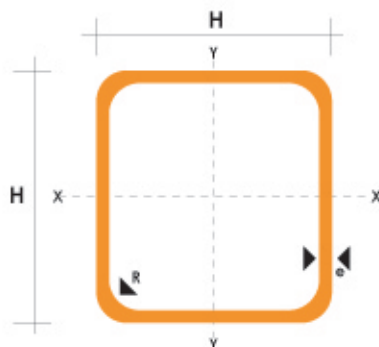
## TUBO MECANICO CUADRADO

### Especificaciones Generales

<b>Norma</b>	ASTM A-513
<b>Recubrimiento</b>	Negro o Galvanizado
<b>Largo normal</b>	6.00m
<b>Otros largos</b>	Previa consulta
<b>Dimensiones</b>	Desde 1/2" a 2"
<b>Espesor</b>	Desde 0.60mm hasta 1.50mm



DIMENSIONES			AREA	EJES X-Xe Y-Y		
A mm	ESPESOR mm	PESO Kg/m	AREA cm2	I cm4	W cm3	i cm
12	0,8	0,30	0,37	0,09	0,14	0,48
12	1,0	0,37	0,50	0,11	0,18	0,47
15	0,8	0,36	0,45	0,15	0,20	0,58
15	1,0	0,45	0,61	0,20	0,26	0,57
20	0,8	0,49	0,61	0,38	0,38	0,79
20	1,0	0,60	0,83	0,50	0,50	0,77
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
25	0,8	0,61	0,77	0,76	0,61	0,99
25	1,0	0,76	1,05	1,00	0,80	0,98
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
30	0,8	0,74	0,93	1,33	0,89	1,19
30	1,0	0,92	1,27	1,77	1,18	1,18
30	1,2	1,09	1,38	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,47	1,15
40	0,8	0,99	1,25	3,21	1,61	1,60
40	1,0	1,23	1,71	4,32	2,16	1,59
40	1,2	1,47	1,86	4,68	2,34	1,59
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,56
50	1,2	1,84	2,34	9,30	3,72	1,99
50	1,5	2,29	2,85	11,06	4,42	1,97



#### NOMENCLATURA

- A=** Area de la selección 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

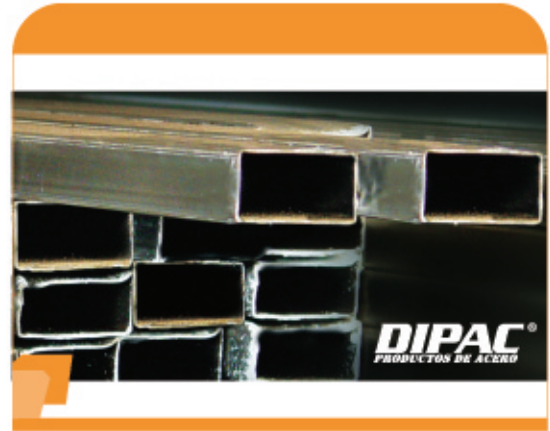




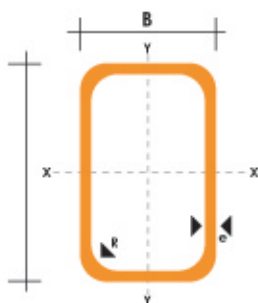
## TUBO MECANICO RECTANGULAR

### Especificaciones Generales

<b>Norma</b>	ASTM A-513
<b>Recubrimiento</b>	Negro o Galvanizado
<b>Largo normal</b>	6,00m
<b>Otros largos</b>	Previa consulta
<b>Dimensiones</b>	DESDE 10.00mm x 20.00mm a 30.00mm x 50.00mm
<b>Espesor</b>	Desde 0.60mm hasta 1.50mm



DIMENSIONES				AREA	EJES X-X			EJES Y-Y		
A mm	B mm	ESPESOR mm	PESO Kg/m	AREA cm2	I cm4	W cm3	i cm	I cm4	W cm3	i cm
10	20	0,8	0,36	0,45	0,08	0,04	0,41	0,23	0,09	0,71
12	25	0,8	0,43	0,53	0,43	0,34	0,90	0,13	0,22	0,50
12	25	1,0	0,54	0,77	0,59	0,48	0,88	0,18	0,30	0,49
15	25	0,8	0,49	0,61	0,23	0,12	0,62	0,52	0,21	0,92
15	25	1,0	0,64	0,83	0,31	0,15	0,61	0,69	0,28	0,91
15	25	1,2	0,69	0,90	0,33	0,16	0,60	0,74	0,30	0,91
20	30	0,8	0,61	0,77	0,53	0,26	0,82	0,99	0,40	1,13
20	30	1,2	0,90	1,14	0,75	0,37	0,81	1,42	0,57	1,11
20	40	0,8	0,74	0,93	0,67	0,34	0,85	1,98	0,79	1,46
20	40	1,0	0,92	1,27	0,89	0,45	0,84	2,66	1,06	1,45
20	40	1,2	1,09	1,38	0,96	0,48	0,83	2,87	1,15	1,44
20	40	1,5	1,35	1,65	3,10	1,60	1,37	1,06	1,06	0,82
20	50	1,2	1,29	1,62	1,17	0,59	0,85	5,02	2,01	1,76
20	50	1,5	1,59	2,14	1,48	0,74	0,83	6,48	2,59	1,74
25	50	0,8	0,95	1,08	3,59	1,43	1,82	1,24	0,99	1,07
25	50	1,0	1,15	1,36	4,47	1,79	1,81	1,53	1,22	1,06
25	50	1,2	1,37	1,57	5,10	2,04	1,80	1,74	1,40	1,05
25	50	1,5	1,82	2,10	6,39	2,56	1,74	2,19	1,75	1,02
30	50	0,8	0,98	1,25	2,01	1,01	1,27	4,42	1,77	1,88
30	50	1,0	1,23	1,71	2,69	1,35	1,25	5,95	2,38	1,86
30	50	1,2	1,47	1,86	2,91	1,46	1,25	6,44	2,58	1,86
30	50	1,5	1,88	2,25	7,27	2,91	1,80	3,32	2,21	1,21



#### NOMENCLATURA

- A=** Área de la selección 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





## TUBO MECANICO REDONDO

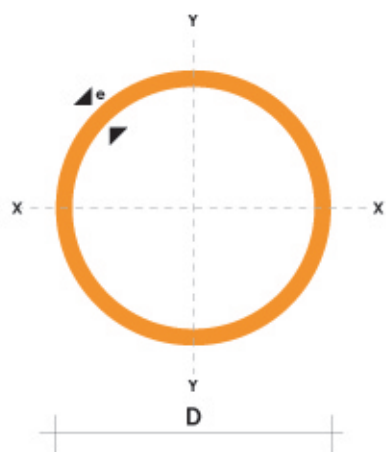
### Especificaciones Generales

<b>Norma</b>	ASTM A 513
<b>Recubrimiento</b>	Negro o galvanizado
<b>Largo Normal</b>	6.00m
<b>Otros largos</b>	Previa consulta
<b>dimensiones</b>	Desde 1/2" hasta 2-1/2"
<b>Espesor</b>	Desde 0.60mm hasta 1.50mm



#### NOMENCLATURA

- A=** Area de la selección 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



	DIAMETRO EXTERIOR (D)		ESPESOR		PESO		PROPIEDADES	
	Pulg	mm	e	P	A	I	W	i
			mm	kg/6m	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm
1/2		12.70	0.60	1.14	0.23	0.04	0.07	0.43
			0.75	1.44	0.28	0.05	0.08	0.42
			0.95	1.86	0.35	0.06	0.09	0.41
			1.10	2.10	0.40	0.07	0.11	0.41
			1.50	2.82	0.53	0.08	0.13	0.39
5/8		15.88	0.60	1.44	0.29	0.08	0.11	0.54
			0.75	1.86	0.36	0.10	0.13	0.53
			0.95	2.28	0.44	0.12	0.15	0.51
			1.10	2.64	0.51	0.14	0.18	0.52
			1.50	3.54	0.68	0.18	0.22	0.51
3/4		19.05	0.60	1.74	0.35	0.15	0.16	0.65
			0.75	2.16	0.43	0.19	0.19	0.65
			0.95	2.70	0.54	0.22	0.23	0.64
			1.10	3.18	0.62	0.25	0.26	0.63
			1.50	4.20	0.83	0.32	0.34	0.62
7/8		22.22	0.60	2.04	0.41	0.24	0.21	0.76
			0.75	0.52	0.50	0.29	0.26	0.76
			0.95	3.18	0.63	0.36	0.32	0.75
			1.10	3.66	0.73	0.41	0.37	0.75
			1.50	4.92	0.98	0.53	0.47	0.74
1		25.40	0.60	2.28	0.47	0.36	0.28	0.88
			0.75	2.88	0.58	0.44	0.35	0.87
			0.95	3.60	0.73	0.55	0.43	0.87
			1.10	4.20	0.84	0.62	0.49	0.86
			1.50	5.64	1.13	0.81	0.64	0.85
1 1/4		31.75	0.95	4.50	0.92	1.09	0.69	1.18
			1.10	5.22	1.06	1.24	0.78	1.08
			1.50	7.08	1.43	1.63	1.03	1.07
1 1/2		38.10	0.95	5.40	1.11	1.91	1.00	1.31
			1.10	6.24	1.28	2.19	1.15	1.31
			1.50	8.46	1.72	2.89	1.52	1.30
1 3/4		44.45	0.95	6.24	1.30	3.07	1.38	1.54
			1.10	7.26	1.50	3.52	0.16	1.53
			1.50	9.84	2.02	4.67	2.10	1.52
1 7/8		47.63	0.95	6.78	1.40	3.80	1.60	1.65
			1.10	7.80	1.61	4.35	1.83	1.64
			1.50	10.26	2.17	5.79	2.43	1.63
2		50.80	0.95	7.20	1.49	4.62	1.82	1.76
			1.10	8.34	1.72	5.30	2.09	1.76
			1.50	10.80	2.32	7.06	2.78	1.74
2 3/8		60.33	1.50	13.20	2.77	12.00	3.98	2.08
2 1/2		63.50	1.50	14.04	2.92	14.05	4.42	2.19



## TUBO POSTE

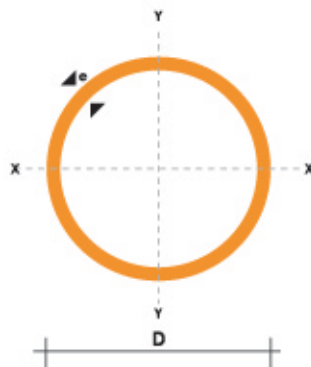
### Cerramientos, Estructuras y Funiculares

#### Especificaciones Generales

<b>Norma</b>	ASTM A-500
<b>Recubrimiento</b>	Galvanizado
<b>Largo normal</b>	6.00m
<b>Otros largos</b>	Previa Consulta
<b>Dimensiones</b>	Desde 1/2" hasta 4"
<b>Espesor</b>	Desde 1.80mm a 2.00mm



DIMENSIONES				PROPIEDADES			
DIAMETRO EXTERIOR		ESPESOR	PESO	AREA	I	W	I
D	e	P	A	I	W	I	
Pulg.	mm	mm	Kg/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	cm
1"	25.40	1.80	1.09	1.34	0.93	0.73	0.83
1"	25.40	2.00	1.21	1.47	1.01	0.79	0.83
1 1/4"	31.75	1.80	1.37	1.69	1.90	1.20	1.06
1 1/4"	31.75	2.00	1.52	1.87	2.07	1.30	1.05
1 1/2"	38.10	1.80	1.65	2.05	3.38	1.78	1.28
1 1/2"	38.10	2.00	1.84	2.27	3.70	1.94	1.28
1 3/4"	44.45	1.80	1.98	2.41	5.48	2.47	1.51
1 3/4"	44.45	2.00	2.20	2.67	6.01	2.70	1.50
1 7/8"	47.63	1.80	2.11	2.59	6.80	2.86	1.62
1 7/8"	47.63	2.00	2.34	2.87	7.46	3.13	1.61
2"	50.80	1.80	2.22	2.77	8.32	3.27	1.73
2"	50.80	2.00	2.48	3.07	9.13	3.59	1.73
2 3/8"	60.33	2.00	2.92	3.67	15.58	5.17	2.06
2 1/2"	63.50	2.00	3.09	3.86	18.27	5.75	2.17
2 7/8"	73.03	2.00	3.56	4.46	28.14	7.71	2.51
3"	88.90	2.00	4.35	5.46	51.54	11.60	3.07
4"	114.30	2.00	5.67	7.06	111.23	19.46	3.97



#### NOMENCLATURA

- A=** Area de la selección 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



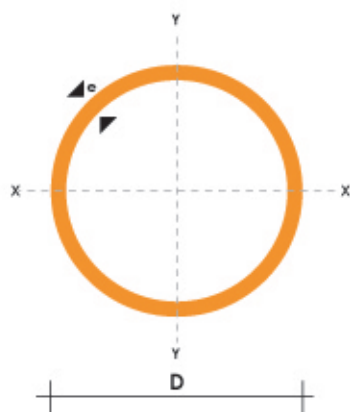
## CAÑERIAS NEGRA / GALVANIZADA

### Especificaciones Generales

<b>Norma</b>	ISO-65 SERIE LIVIANA II
<b>Recubrimiento</b>	Negras o Galvanizadas
<b>Largo normal</b>	6 mts
<b>Otros largos</b>	Previa consulta
<b>Dimensiones</b>	Desde 1/2" a 4"
<b>Espesor</b>	Desde 2.0 mm a 3.6 mm
<b>Extremos</b>	Roscados solo en galvanizadas



DIAMETRO NOMINAL	DIMENSIONES			PROPIEDADES			
	DIAMETRO EXTERIOR	ESPESOR	PESO	AREA			
	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
1/2	21.35	2.00	0.99	1.22	0.57	0.59	0.68
3/4	26.90	2.30	1.45	1.78	1.34	1.09	0.87
1	33.70	2.50	1.96	2.45	2.98	1.91	1.10
1 1/4	42.40	2.50	2.55	3.13	6.24	3.13	1.41
1 1/2	48.30	2.65	3.02	3.87	10.05	4.41	1.61
2	60.30	2.65	3.79	4.89	20.26	7.04	2.04
2 1/2	73.00	3.20	5.65	7.02	42.73	12.24	2.47
3	88.90	3.20	6.81	8.62	79.09	18.46	3.03
4	114.30	3.60	9.92	12.52	191.78	34.65	3.91



#### NOMENCLATURA

- A=** Area de la selección 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

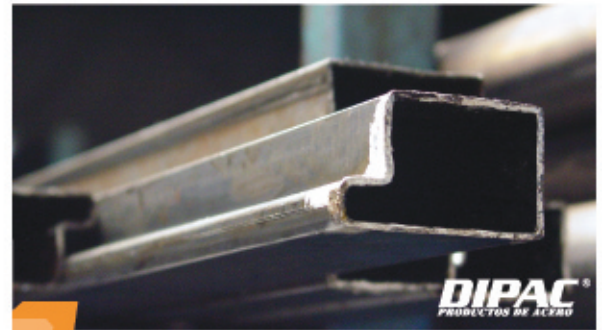


## Carpintería metálica

### Tubo "T"

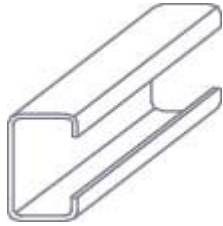


### Tubo "L"



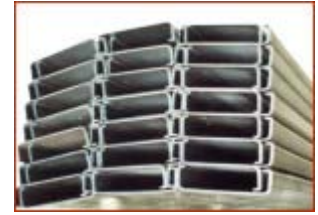
### Tubo pasamano





## ■ ESPECIFICACIONES GENERALES

Largo Standard: 6 m  
 Recubrimiento: Negro o galvanizado  
 Espesores: Desde 2 a 6 mm  
 Calidad del Acero: ASTM A-36  
 Observaciones: Otros largos y dimensiones previa consulta



## ■ NORMA INTERNA

Fabricación: Según Norma INEN 1623

Tolerancias:

$h \leq 125 \text{ mm} \pm 1.50 \text{ mm}$

$h > 125 \text{ mm} \pm 2.00 \text{ mm}$

Si espesor (1.5 - 5mm)  $b \text{ y } c \pm 1.50 \text{ mm}$

Si espesor (mayor a 5mm)  $b \text{ y } c \pm 2.00 \text{ mm}$

Longitud -0

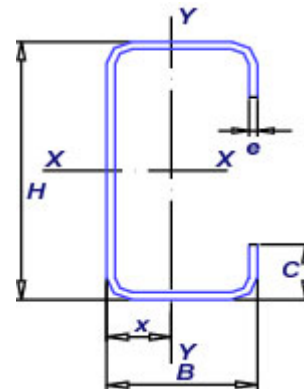
+ 40 mm

Radio: 3 veces el espesor

DIMENSIONES				PESO	PROPIEDADES								
					AREA	EJES				EJES			
						X-X				Y-Y			
H	B	C	e	P	A	I	W	i	I	W	i	X	
mm	mm	mm	mm	Kg/6m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm	
60	30	10	2	11.94	2.54	14.88	4.96	2.4	5.28	2.74	1.4	1.1	
			3	16.98	3.61	20.9	6.96	2.4	7.26	3.77	1.4	1.1	
80	40	15	2	16.68	3.54	35.2	8.81	3.2	8.1	3.18	1.5	1.5	
			3	24.06	5.11	49	12.3	3.1	10.8	4.27	1.5	1.5	
100	50	15	2	20.4	4.27	67.5	13.5	4	14.5	4.41	1.8	1.7	
			3	29.71	6.31	97.8	19.6	3.9	20.5	6.25	1.8	1.7	
		25	4	38.4	8.15	122	24.5	3.9	24.9	7.55	1.8	1.7	
125	50	15	2	22.8	4.84	116	18.6	4.9	16.2	4.7	1.8	1.6	
			3	33.24	7.06	165	26.5	4.8	22.2	6.43	1.8	1.6	
		25	4	45.78	9.15	209	33.4	4.8	26.9	7.78	1.7	1.5	
150	50	15	2	25.14	5.34	179	23.8	5.8	17.1	4.78	1.8	1.4	
			3	36.78	7.81	255	34	5.7	23.5	6.56	1.7	1.4	
		25	4	47.82	10.1	323	43.1	5.7	28.5	7.95	1.7	1.4	
200	50	15	2	29.82	6.34	355	35.5	7.5	18.6	4.91	1.7	1.2	
			3	43.86	9.31	510	51	7.4	25.5	6.74	1.7	1.2	
		25	4	59.91	13.36	682.1	68.2	7.2	40.6	11.49	1.7	1.5	
300	100	30	4	100.8	21.3	2.860.00	191	12	274	38.3	3.6	2.8	
			5	126.6	26.9	3.560.00	237	12	351	49.9	3.6	3	
		35	6	154.74	31.8	4.170.00	278	11	404	57.4	3.6	3	

## ■ APLICACIONES

- Conformación de elementos estructurales
  - Viguetas
  - Vigas
  - Columnas
- Muebles metálicos
- Estructura de cubiertas



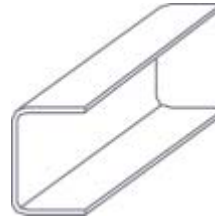
## ■ NOMENCLATURA

**A**= Área de la selección transversal del tubo, cm<sup>2</sup>    **W**= Módulo resistente de la sección, cm<sup>3</sup>

**I**= Momento de Inercia de la sección, cm<sup>4</sup>    **i**= Radio de giro de la sección, cm

**X**= Distancia desde el eje menor Y-Y a la superficie exterior de un perfil, cm

DIMENSIONES			PESO	PROPIEDADES								
H	B	e		P	AREA		EJES X-X			EJES Y-Y		
mm	mm	mm	Kg/6m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm	
50	25	2	8.82	1.87	7.06	2.83	1.9	1.13	0.63	0.8	0.7	
		3	12.72	2.7	9.7	3.88	1.9	1.57	0.91	0.8	0.8	
80	40	2	14.46	3.07	30.8	7.71	3.2	4.89	1.68	1.3	1.1	
		3	21.24	4.5	43.9	11	3.1	7.01	2.45	1.3	1.1	
		4	27.66	5.87	55.4	13.9	3.1	8.92	3.17	1.2	1.2	
		5	34.44	7.18	65.5	16.4	3	10.6	3.84	1.2	1.2	
		6	40.44	8.42	74.2	18.6	3	12.1	4.47	1.2	1.3	
100	50	2	18.24	3.87	61.5	12.3	4	9.72	2.66	1.6	1.3	
		3	26.88	5.7	88.5	17.7	3.9	14.1	3.9	1.6	1.4	
		4	35.22	7.47	113	22.6	3.9	18.1	5.07	1.6	1.4	
		5	43.2	9.18	135	27.1	3.8	21.8	6.19	1.5	1.5	
		6	51.96	10.8	155	31	3.8	25.1	7.25	1.5	1.5	
125	50	2	20.58	4.37	103	16.5	4.9	10.4	2.74	1.5	1.2	
		3	30.42	6.45	149	23.9	4.8	15.1	4.02	1.5	1.2	
		4	39.9	8.47	192	30.7	4.8	19.4	5.24	1.5	1.3	
		5	49.14	10.4	231	36.9	4.7	23.4	6.4	1.5	1.3	
		6	59.16	12.3	267	42.7	4.7	27.1	7.5	1.5	1.4	
150	50	2	22.92	4.87	138	21.1	5.7	10.9	2.8	1.5	1.1	
		3	33.96	7.2	230	30.7	5.7	15.9	4.11	1.5	1.1	
		4	44.64	9.47	297	39.6	5.6	20.5	5.36	1.5	1.2	
		5	55.02	11.7	359	47.9	5.6	24.8	6.55	1.5	1.2	
		6	66.36	13.8	417	55.6	5.5	28.7	7.68	1.4	1.3	
200	50	2	27.66	5.87	316	31.6	7.3	11.8	2.88	1.4	0.9	
		3	40.98	8.7	462	46.2	7.3	17.1	4.23	1.4	1	
		4	54.06	11.5	600	60	7.2	22.11	5.52	1.4	1	
		5	66.6	14.2	729	72.9	7.2	26.7	6.76	1.4	1.1	
		6	80.7	16.8	851	85.1	7.1	31	7.93	1.4	1.1	
	80	6	98.04	20.42	1,190	119	7.6	67	14.96	1.7	1.5	
		8	128.1	20.69	1,514	151.4	7.5	120.8	20.61	2.4	2.1	
		10	156.96	32.71	1,803	180.3	7.4	153.9	26.27	2.4	2.1	
		100	6	109.56	22.82	1,416	141.6	7.9	225.3	31.19	3.1	2.8
			8	143.46	29.89	1,809	180.9	7.8	289.6	40.61	3.1	2.9
300	80	4	84.12	14.2	729	72.9	7.2	26.7	6.76	1.4	1.1	
		5	104.46	16.8	851	85.1	7.1	31	7.93	1.4	1.1	
		6	126.84	20.42	1,190	119	7.6	67	14.96	1.7	1.5	
		8	166.5	20.69	1,514	151.4	7.5	120.8	20.61	2.4	2.1	
		10	205.02	32.71	1,803	180.3	7.4	153.9	26.27	2.4	2.1	
	100	6	138.36	22.82	1,416	141.6	7.9	225.3	31.19	3.1	2.8	
		8	181.86	29.89	1,809	180.9	7.8	289.6	40.61	3.1	2.9	
		10	224.16	36.71	2,165	216.6	7.7	348.6	49.59	3.1	3	



### ESPECIFICACIONES GENERALES

- Largo Standard: 6 m
- Recubrimiento: Negro o galvanizado
- Espesores: Desde 1.5 a 10 mm
- Calidad del Acero: ASTM A-36
- Observaciones: Otros largos previa consulta

### NORMA INTERNA

- Fabricación: Según Norma INEN 1623
- Tolerancias:
  - h <= 125 mm ± 1.50 mm
  - h > 125 mm ± 2.00 mm
  - Si espesor (1,5 - 5mm) b ± 1.50 mm
  - Si espesor (mayor a 5mm) b ± 2.00 mm
- Longitud: - 0 + 40 mm
- Radio: 3 veces el espesor

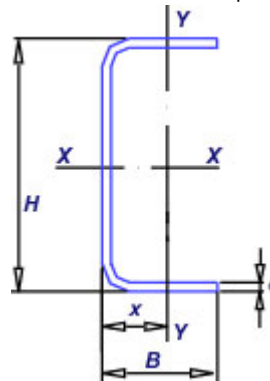
### APLICACIONES

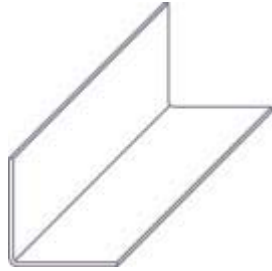
- Columnas
- Vigas
- Muebles metálicos: Camas
- Estructuras en general
- Estructura de cubiertas



### NOMENCLATURA

- A** = Área de la selección 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
- X** = Distancia desde el eje menor Y-Y a la superficie exterior de un perfil, cm





## ESPECIFICACIONES GENERALES

Largo Standard: 6 metros  
 Recubrimiento: negro o galvanizado  
 Espesores: Desde 1.5 a 10 milímetros  
 Calidad del Acero: ASTM A-36  
 Observaciones: Otros largos y dimensiones previa consulta  
 Medidas: 3/4" a 4"



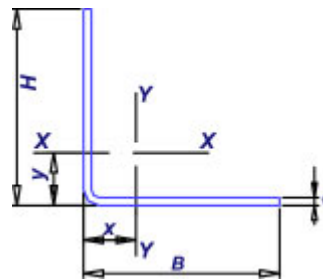
DIMENSIONES			PESO	PROPIEDADES				
H	B	e		AREA	EJES X-X e Y-Y			
mm	mm	mm	Kg/6m	A	I	W	i	x = y
20	20	2	3.46	0.73	0.28	0.2	0.6	0.59
		3	4.96	1.05	0.38	0.38	0.6	0.64
25	25	2	4.38	0.93	0.57	0.32	0.8	0.72
		3	6.36	1.35	0.79	0.45	0.8	0.77
30	30	2	5.34	1.13	1	0.46	0.9	0.84
		3	7.78	1.65	1.41	0.67	0.9	0.89
40	40	2	7.23	1.53	2.44	0.84	1.3	1.09
		3	10.61	2.25	3.5	1.22	1.3	1.14
		4	13.83	2.94	4.46	1.58	1.2	1.19
		5	16.9	3.59	5.31	1.92	1.2	1.24
50	50	6	19.8	4.21	6.07	2.23	1.2	1.28
		2	9.11	1.93	4.86	1.33	1.6	1.34
		3	13.43	2.85	7.03	1.95	1.6	1.39
		4	17.6	3.74	9.04	2.54	1.6	1.44
60	60	5	21.61	4.59	10.9	3.1	1.5	1.48
		6	25.5	5.41	12.6	3.62	1.5	1.53
		5	26.32	5.59	19.4	4.55	1.9	1.73
		6	31.14	6.61	22.6	5.35	1.9	1.78
65	65	5	26.68	6.09	25	5.38	2	1.86
		6	33.96	7.21	29.1	6.34	2	1.9
75	75	6	40.32	8.4	45.76	8.57	2.3	2.16
		8	52.56	10.95	58.03	11.06	2.3	1.25
		10	64.92	13.36	68.89	13.38	2.3	2.35
80	80	8	56.4	11.75	71.32	12.67	2.5	2.37
		10	68.94	14.36	84.97	15.36	2.4	2.47
100	100	8	71.76	14.95	144.6	20.29	3.1	2.87
		10	88.14	18.36	173.9	24.73	3.1	2.97

## NORMA INTERNA

Fabricación: Según Norma INEN 1623  
 Tolerancias:  $h \leq 125 \text{ mm} \pm 1,50 \text{ mm}$   
 $h > 125 \text{ mm} \pm 2,00 \text{ mm}$   
 Si espesor (1.5 - 5mm)  $b \pm 1,50 \text{ mm}$   
 Si espesor (mayor a 5mm)  $b \pm 2,00 \text{ mm}$   
 Longitud: -0  
 $+ 40 \text{ mm}$   
 Radio: 3 veces el espesor

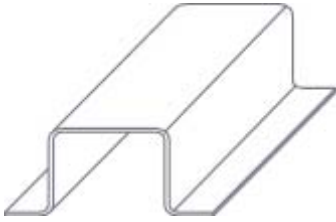
## APLICACIONES

- Conformación de elementos estructurales (Cerchas)
- Torres
- Estantería
- Cerrajería en general ventanas, puertas, camas
- Estructura rótulos
- Vitrinas
- Cerramientos
- Vallas publicitarias
- Chasis de camiones
- Remolques



## NOMENCLATURA

**A**= Área de la selección transversal del tubo, cm<sup>2</sup>    **W**= Módulo resistente de la sección, cm<sup>3</sup>  
**I**= Momento de Inercia de la sección, cm<sup>4</sup>            **i**= Radio de giro de la sección, cm  
**X**= Distancia desde el eje menor Y-Y a la superficie exterior de un perfil, cm



## ESPECIFICACIONES GENERALES

- Largo Standard: 6 m  
 Recubrimiento: negro o galvanizado  
 Espesores: Desde 1.5 a 3 mm  
 Calidad del Acero: ASTM A-36  
 JIS 3132 SPHT1 (a pedido)  
 Observaciones: Otros largos y espesores previa consulta



## NORMA INTERNA

Fabricación: Según Norma INEN 1623

Tolerancias:

$h \leq 125 \text{ mm} \pm 1.50 \text{ mm}$

$h > 125 \text{ mm} \pm 2.00 \text{ mm}$

Si espesor (1.5 - 3 mm)  $b$  y  $c \pm 1.50 \text{ mm}$

Longitud: -0

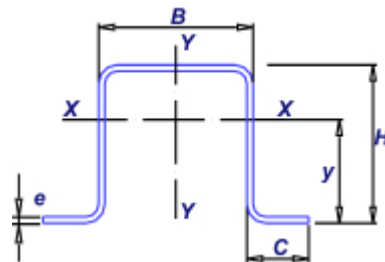
+ 40 mm

Radio: 3 veces el espesor

DIMENSIONES				AREA	PESO APROXIMADO
B mm	H mm	c mm	e mm	A cm <sup>2</sup>	P (kg/6m)
35	50.00	20.00	2	3.18	15.00
50	50.00	20.00	2	3.48	16.38
75	50.00	20.00	3	5.73	27.00
75	50.00	20.00	2	3.97	18.72
100	50.00	20.00	3	6.48	30.54
100	50.00	20.00	2	4.48	21.12
125	50.00	20.00	3	7.24	34.08
125	50.00	20.00	2	4.98	23.46
150	50.00	20.00	3	7.98	37.56
150	50.00	20.00	2	5.48	25.80

## APLICACIONES

- Estructuras
- Cubiertas
- Postes de señalización de tránsito
- Carrocerías



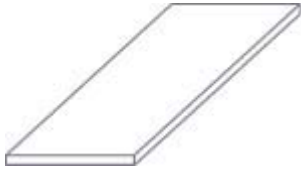
## NOMENCLATURA

**A**= Area de la selección transversal del tubo, cm<sup>2</sup>    **W**= Módulo resistente de la sección, cm<sup>3</sup>

**I**= Momento de Inercia de la sección, cm<sup>4</sup>        **i**= Radio de giro de la sección, cm

**X**= Distancia desde el eje menor Y-Y a la superficie exterior de un perfil, cm

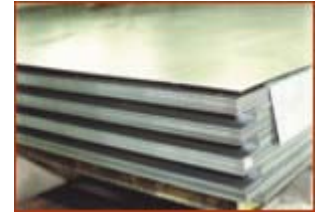




## ■ ESPECIFICACIONES GENERALES

Laminado en caliente:

ASTM A 570 Gr 36  
 ASTM A 36  
 ASTM A 283 Gr C  
 ASTM A 588 Gr A  
 ASTM A 131 Gr A  
 ASTM A 516 Gr 70



## ■ NORMA INTERNA

Espesor: 2 mm - 75 mm  
 (laminado en caliente)  
 Descuadre: 1.50 x e  
 Longitud: - 0 mm  
 + 10.00 mm  
 Ondulamiento: 10.00 mm de amplitud  
 máxima

## ■ APLICACIONES

- Conformación de estructuras en general con elementos de alma llena (flejes)
- Fabricación de tanques
- Estructuras de puentes
- Estructuras de barcos
- Camisas de pilotes
- Encofrados
- Placas
- Contención de tierras
- Plataformas
- Calderos
- Tubería de grandes diámetros

## ■ PROPIEDADES MECÁNICAS

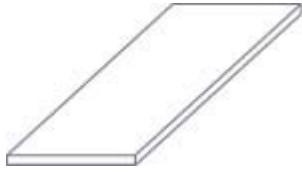
Calidad	Fy	Fu (min-max)	Elong.
	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	8plg / 2 plg
A-570 Gr. 36	250	400 - 550	20 / 21
A-36	250	400 - 550	20 / 21
A-283 Gr. C	205	380 - 515	22 / 25
A-131 Gr. A	235	400 - 490	21 / 24
A-588 Gr. A	345	485 - 580	18 / 21
A-516 Gr. 70	260	485 - 620	17 / 21

## ■ PROPIEDADES QUÍMICAS

Calidad	C	Mang.	Phosp	Sulfur	Silicon	Copper
	max.	max.	max.	max	max.	min.
A-570 Gr. 36	0.25	0.80 - 1.20	0.04	0.05	0.4	0.02
A-36	0.25	0.80 - 1.20	0.04	0.05	0.4	0.02
A-283 Gr. C	0.24	0.9	0.04	0.04	0.15 - 0.40	0.02
A-131 Gr. A	0.23	0.80 - 1.10	0.04	0.04		
A-588 Gr. A	0.19	0.80 - 1.25	0.04	0.05	0.30 - 0.65	0.25 - 0.40
A-516 Gr. 70	0.27	0.85 - 1.20	0.04	0.04	0.15 - 0.40	

## ■ TABLA DE PESOS APROXIMADOS

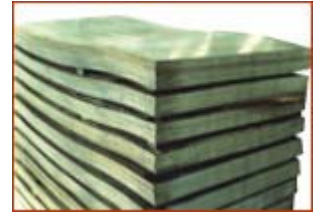
ESPESOR	PLANCHAS (Kg)
mm	1,220 x 2,440 mm
2.00	46.74
3.00	70.10
4.00	93.47
5.00	116.84
6.00	140.21
8.00	186.94
10.00	233.68



## ■ ESPECIFICACIONES GENERALES

Laminado en frío: ASTM A 366 Tipo B  
JIS G 3141 SPCC - SD  
SAE 1010

Observaciones: Otras dimensiones previa consulta



## ■ NORMA INTERNA

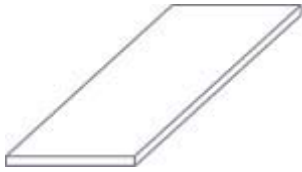
Espesor: 0.35 mm - 2.00 mm  
Longitud: - 0 mm  
+ 3 mm  
Descuadre:  $1,50 \times \text{diagonal nominal} > \text{diagonal mayor} - \text{diagonal menor}$   
1000  
Ondulamiento: 10 mm de amplitud máxima

## ■ APLICACIONES

- Muebles metálicos en general
- Puertas metálicas
- Carpintería metálica
- Tanque para almacenamiento de aceite
- Tanques de exportación de frutas
- Baldes para camionetas
- Partes y piezas metálicas (abrazaderas, de línea blanca, etc)
- Rótulos
- Señalización de tránsito
- Cajas fúnebres
- Autopartes

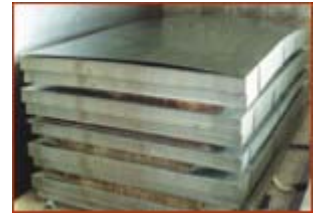
## ■ TABLA DE PESOS APROXIMADOS

ESPESOR mm	PESO APROX. POR PLANCHA (Kg)	
	1,220 x 2,440 mm	1,000 x 2,000 mm
0.40	9.35	6.28
0.45	10.52	7.07
0.50	11.68	7.85
0.55	12.85	8.64
0.60	14.02	9.42
0.70	16.36	10.99
0.75	17.53	11.78
0.90	21.03	14.13
1.10	25.70	17.27
1.40	32.72	21.98



## ■ ESPECIFICACIONES GENERALES

Acero Galvanizado: ASTM A 653 CS  
Observaciones: Otras dimensiones previa consulta



## ■ NORMA INTERNA

Espesor: 0.35 mm - 2.00 mm  
Longitud: - 0 mm  
+ 3 mm  
Descuadre:  $1,50 \times \text{diagonal nominal} > \text{diagonal mayor} - \text{diagonal menor}$   
1000

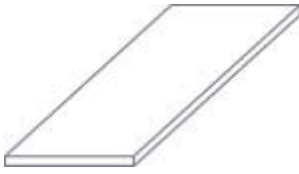
Ondulamiento: 10 mm de amplitud máxima

## ■ APLICACIONES

- Ductos para aire acondicionado
- Puertas metálicas
- Perfilera de tumbado
- Cámaras frigoríficas
- Partes y piezas para línea blanca

## ■ TABLA DE PESOS APROXIMADOS

ESPESOR	PESO APROX. POR PLANCHA (Kg)
mm	1,220 x 2,440
0.35	8.18
0.40	9.35
0.45	10.52
0.50	11.68
0.55	12.85
0.70	16.36
0.90	21.03
1.00	23.36
1.10	25.70
1.40	32.72
2.00	46.74



## ■ ESPECIFICACIONES GENERALES

Laminado en caliente: ASTM A131  
 Calificación: LLOYD'S  
 ABS



## ■ NORMA INTERNA

Especificaciones bajo norma ASTM A 6.

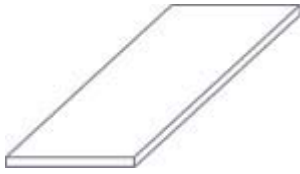
## ■ APLICACIONES

- Cubierta de barco
- Casco de barco
- Muelles
- Gabarras
- Contención de tierras
- Tuberías



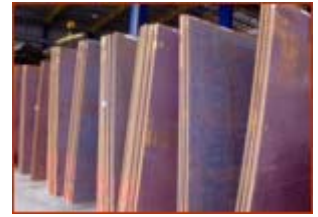
## ■ TABLA DE PESOS APROXIMADOS

ESPESOR	ANCHO	LARGO	PESO
mm	mm	mm	Kg.
4	1,524	6,096	294.70
6	1,524	6,096	452.00
8	1,524	6,096	592.00
9	1,524	6,096	682.00
12	1,524	6,096	860.00



## ■ ESPECIFICACIONES GENERALES

Laminado en caliente: ASTM  
A 588 Gr A  
Espesor: 8mm - 30mm



## ■ NORMA INTERNA

Especificaciones bajo norma ASTM A6

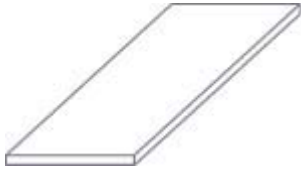
## ■ APLICACIONES

- Conformación de elementos de alma llena
- Conformación de cajetines para cerchas de puentes
- Conformación de viguetas de puentes
- Placas de apoyo



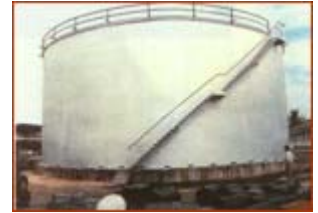
## ■ TABLA DE PESOS APROXIMADOS

ESPESOR	PESO POR PLANCHA	DIMENSIONES
mm	Kg	mm
8	1884.00	2500 x 12000
10	2355.00	2500 x 12000
12	2826.00	2500 x 12000
15	3532.50	2500 x 12000
20	4710.00	2500 x 12000
25	4710.00	2500 x 9600
30	4710.00	2500 x 8000



## ■ ESPECIFICACIONES GENERALES

Laminado en caliente: ASTM A283 - Gr C  
 ASTM A36  
 Espesor: 5 - 50 mm



## ■ TABLA DE PESOS APROXIMADOS

A 283 Gr C	
Espesor mm	PLANCHAS (Kg)
	2,440 x 12,192 mm
6.35	1,482.89
9.5	2,218.49
12.7	2,965.77
14.3	3,339.42
22	5,137.56
25	5,838.14

A 36 PLANCHAS DE PAQUETE	
Espesor mm	PLANCHAS (Kg)
	2,000 x 6,000 mm
8	753.6
10	942
12	1,130.4
15	1,413
18	1,695.6
20	1,884
22	2,072.4
25	2,355
30	2,826
38	3,579.6
50	4,710

A 36 PLANCHAS DE BOBINA *	
Espesor mm	PLANCHAS (Kg)
	1,500 x 6,000 mm
5	353.25
6	423.90
Espesor mm	PLANCHAS (Kg)
	1,800 x 6,000 mm
6	508.68

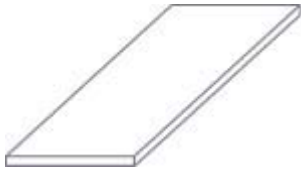
\* Planchas de bobina pueden ser proporcionados con largos a medida.

## ■ NORMA INTERNA

Especificaciones bajo norma ASTM A6

## ■ APLICACIONES

- Cuerpo de tanques
- Tapa y fondo de tanques



## ■ ESPECIFICACIONES GENERALES

Acero laminado en caliente con resalte: DIN 17100  
ST 37.2



## ■ NORMA INTERNA

Espesor: 2,00mm - 6,00mm  
 (laminado en caliente)  
 Descuadre: 1,50 x e  
 Longitud: - 0 mm  
 + 10 mm  
 Ondulamiento: 10,00 mm de amplitud máxima

Malecón 2000




## ■ APLICACIONES

- Piso de escaleras
- Carrocerías
- Losa de Puentes

## ■ TABLA DE PESOS APROXIMADOS

ESPESOR	PESO APROX. POR PLANCHA (Kg)	
	1,000 x 3,000 mm	1,220 x 2,440 mm
2.3	64.00	52.00
3.0	77.00	76.40
6.0	161.00	159.75





*Perfiles  
Planchas  
Dipaneles  
Techos  
Flejes  
Tuberías para Vapor  
Tubos  
Cañerías  
Carpintería Metálica  
Platinas  
Ángulos  
Ejes  
Electrodos, Alambre MIG  
Cerrajería Decorativa  
Productos Ferreteros*

***Perfiles***  
***DIPAC***®  
***PRODUCTOS DE ACERO***





# DIPAC®

## PRODUCTOS DE ACERO

Desde 1978, ha sido una de nuestras principales preocupaciones el servicio a nuestros clientes. Durante estos 33 años en DIPAC MANTA S. A. hemos satisfecho la necesidad creciente del mercado de productos de acero.

Importamos, transformamos, distribuimos y comercializamos productos de alta calidad lo que nos ha permitido ser líderes en el Ecuador.

Con nuestros 15 centros de ventas, ubicados en Quito, Guayaquil, Ibarra, Ambato, Riobamba, Santo Domingo, Quevedo, Machala, Milagro, Cuenca, Portoviejo, Manta y Loja. Conformamos la mayor red comercial del país.

En DIPAC MANTA S. A. comercializamos un extenso portafolio de productos como: Perfiles, Laminados en frío y caliente, Galvalum, Galvanizados, Zinc, Tubos, Vigas, Tuberías, Planchas navales, Techos, Ejes, Soldadura, Carburo, Herramientas Manuales y Eléctricas y una amplia variedad en accesorios relacionados.

Para facilitar la labor de nuestros clientes presentamos además nuestros Centros de Servicios a nivel nacional. Allí nuestros clientes pueden realizar: cortes, doblado, trabajos en oxicorte, trabajos en plasma, rolado, etc.

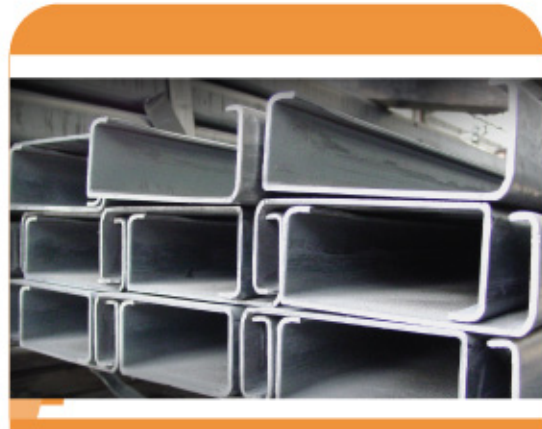




## PERFILES ESTRUCTURALES CORREAS "G"

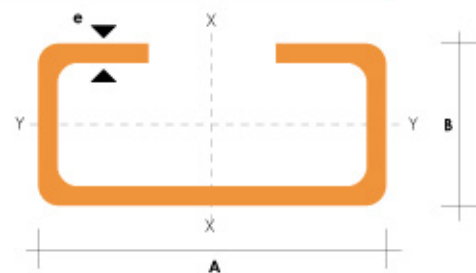
### Especificaciones Generales

Otras calidades	Previa consulta
Largo normal	6.00m
Otros largos	Previa consulta
Espesores	Desde 1.50mm hasta 12.00mm
Acabado	Natural
Otro acabado	Previa consulta



DIMENSIONES				PESOS			SECCION	EJE X-X			PROPIEDADES		
A	B	C	e	6metros	1metro	I		W	I	I	W	I	
mm	mm	mm	mm	Kg	Kg	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	
60	30	10	1.5	9.19	1.53	1.95	11.02	3.67	2.38	2.43	1.25	1.12	
60	30	10	2.0	11.94	1.99	2.54	13.98	4.66	2.35	3.01	2.85	1.09	
60	30	10	3.0	16.98	2.83	3.61	18.90	6.30	2.29	3.87	3.69	1.04	
80	40	15	1.5	13.18	2.20	2.80	27.43	6.86	3.13	6.39	2.53	1.51	
80	40	15	2.0	16.68	2.78	3.54	35.30	8.81	3.16	8.07	3.18	1.51	
80	40	15	3.0	24.06	4.01	5.11	49.00	12.30	3.10	10.80	4.27	1.46	
100	50	15	2.0	20.40	3.40	4.34	69.20	13.80	4.00	15.00	4.57	1.86	
100	50	15	3.0	29.70	4.95	6.31	97.80	19.60	3.94	20.50	6.25	1.80	
100	50	20	4.0	40.26	6.71	8.55	126.70	25.34	3.85	28.50	9.05	1.83	
100	50	25	5.0	51.12	8.52	10.86	152.51	30.50	3.75	36.52	12.09	1.83	
125	50	15	2.0	22.80	3.80	4.84	116.00	18.60	4.91	16.20	4.69	1.83	
125	50	15	3.0	33.24	5.54	7.06	165.00	26.50	4.84	22.20	6.43	1.77	
125	50	20	4.0	44.99	7.49	9.55	217.00	34.70	4.77	30.90	9.32	1.80	
125	50	25	5.0	57.00	9.50	12.11	264.32	42.29	4.67	39.88	12.46	1.82	
125	50	30	6.0	70.78	11.78	14.73	307.13	49.14	4.56	48.69	15.81	1.81	
150	50	15	2.0	25.14	4.14	5.34	179.00	23.80	5.79	17.10	4.78	1.79	
150	50	15	3.0	36.78	6.13	7.81	255.00	34.00	5.72	23.50	6.56	1.73	
150	50	20	4.0	49.68	8.28	10.50	337.00	44.90	5.65	32.90	9.52	1.77	
150	75	25	5.0	74.70	12.45	15.86	545.36	72.71	5.86	117.22	24.17	2.72	
150	75	30	6.0	93.42	15.57	19.23	641.40	85.52	5.77	114.47	30.57	2.74	
175	50	15	2.0	27.48	4.58	5.84	258.00	29.40	6.64	17.90	4.85	1.75	
175	50	15	3.0	40.32	6.72	8.56	369.00	42.20	6.57	24.60	6.66	1.70	
175	75	25	4.0	65.40	10.9	13.90	653.00	74.60	6.84	105.00	20.90	2.75	
175	75	25	5.0	80.58	13.43	17.11	785.95	89.82	6.78	123.88	24.63	2.69	
175	75	30	6.0	100.74	16.79	20.73	929.39	106.22	6.70	152.84	31.19	2.72	
200	50	15	2.0	29.94	4.99	6.36	356.00	35.60	7.56	18.60	4.85	1.72	
200	50	15	3.0	43.86	7.31	9.31	507.00	50.70	7.45	25.10	6.57	1.65	
200	75	25	4.0	70.20	11.70	14.90	895.00	89.50	7.64	110.00	21.30	2.71	
200	75	25	5.0	86.52	14.42	18.37	1080.00	108.00	7.67	129.62	25.02	2.66	
200	75	30	6.0	108.00	18.00	22.23	1282.17	128.21	7.59	160.15	31.73	2.68	
250	75	25	4.0	79.80	13.30	16.90	1520.00	122.00	9.48	118.00	21.70	2.64	
250	100	25	5.0	109.98	18.33	23.36	2219.24	177.54	9.75	285.26	39.24	3.49	
250	100	30	6.0	135.48	22.58	28.23	2647.38	219.79	9.68	383.54	55.58	3.69	
300	100	30	4.0	100.80	16.80	21.30	2860.00	191.00	11.60	274.00	38.30	3.58	
300	100	35	5.0	126.60	21.10	26.90	3560.00	237.00	11.50	351.00	49.90	3.62	
300	100	35	6.0	154.74	25.79	31.80	4170.00	278.00	11.40	404.00	57.40	3.56	

También en galvanizado e inoxidable



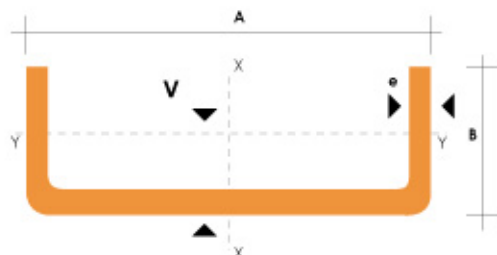




## PERFILES ESTRUCTURALES CANALES "U"

### Especificaciones Generales

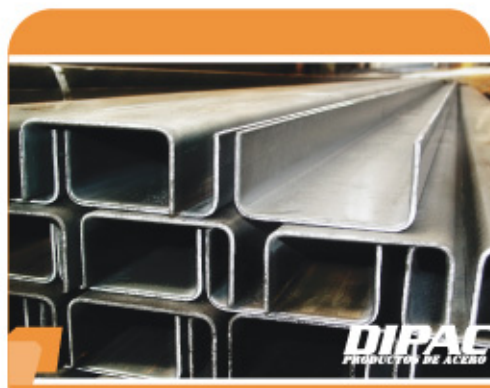
- Otras calidades** Previa consulta
- Largo normal** 6.00m
- Otros largos** Previa consulta
- Espesores** Desde 1.50mm hasta 12.00mm
- Acabado** Natural
- Otro acabado** Previa consulta



DIMENSIONES			PESOS			TIPOS						
A	B	e	6 metros	1 metro	SECCION	EJE X-X			EJE Y-Y			
mm	mm	mm	kg	kg	cm <sup>2</sup>	I	W	I	I	W	I	x
						cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm
40	25	2	7.86	1.31	1.67	4.20	2.10	1.59	1.06	0.62	0.80	0.79
50	25	2	8.82	1.47	1.87	7.06	2.83	1.94	1.13	0.63	0.78	0.72
50	25	3	12.72	2.12	2.70	9.70	3.88	1.89	1.57	0.91	0.76	0.77
60	30	2	10.62	1.77	2.26	12.50	4.16	2.35	2.00	0.93	0.94	0.85
60	30	3	15.54	2.59	3.30	17.50	5.85	2.31	2.84	1.34	0.93	0.89
60	30	4	19.80	3.30	4.20	21.10	7.03	2.24	3.51	1.72	0.91	0.95
80	40	2	14.46	2.41	3.07	30.80	7.71	3.17	4.89	1.68	1.26	1.09
80	40	3	21.24	3.54	4.50	43.90	11.00	3.12	7.01	2.45	1.25	1.14
80	40	4	27.66	4.61	5.87	55.40	13.90	3.07	8.92	3.17	1.23	1.19
80	40	5	34.44	5.74	7.18	65.49	16.37	3.02	10.62	3.83	1.21	1.23
80	40	6	40.44	6.74	8.42	74.18	18.54	2.96	12.10	4.44	1.19	1.28
100	50	2	18.24	3.04	3.87	61.50	12.30	3.99	9.72	2.66	1.58	1.34
100	50	3	26.88	4.48	5.70	88.50	17.70	3.94	14.10	3.89	1.57	1.39
100	50	4	35.22	5.87	7.47	113.00	22.60	3.89	18.10	5.07	1.56	1.44
100	50	5	43.20	7.20	9.18	135.00	27.10	3.84	21.80	6.19	1.53	1.48
100	50	6	51.96	8.66	10.82	155.26	31.05	3.79	25.14	7.24	1.52	1.53
100	60	4	38.28	6.38	8.13	128.00	25.60	3.97	29.70	7.17	1.91	1.86
100	60	5	46.86	7.81	9.95	152.00	30.50	3.91	35.70	8.76	1.90	1.92
100	60	6	57.72	9.62	12.02	181.80	36.36	3.89	42.25	10.38	1.87	1.93
100	60	8	74.40	12.40	15.50	22.60	44.52	3.78	52.47	13.32	1.83	2.06
125	50	2	20.58	3.43	4.37	103.60	16.50	4.86	10.40	2.74	1.54	1.20
125	50	3	30.42	5.07	6.45	149.00	23.90	4.81	15.10	4.02	1.53	1.24
125	50	4	39.90	6.65	8.47	192.00	30.70	4.76	19.40	5.24	1.51	1.29
125	50	5	49.14	8.19	10.40	231.00	37.00	4.71	23.40	6.40	1.50	1.34
125	50	6	59.16	9.86	12.32	266.00	42.67	4.65	27.19	7.51	1.48	1.38
125	60	5	53.82	8.97	11.43	266.98	42.71	4.83	39.36	9.15	1.86	1.70
125	60	6	64.92	10.82	13.52	309.25	49.48	4.78	45.85	10.78	1.84	1.75
125	60	8	84.00	14.00	17.50	383.34	61.33	4.68	57.30	13.94	1.80	1.81
125	80	6	76.44	12.74	15.92	394.28	63.08	4.97	102.94	19.10	2.54	2.61
125	80	8	99.30	16.55	20.69	493.02	78.88	4.88	130.27	24.30	2.50	2.64
125	80	10	120.96	20.16	25.21	576.62	92.25	4.78	154.19	29.31	2.47	2.74
150	50	2	22.92	3.82	4.87	159.00	21.10	5.71	10.90	2.80	1.50	1.09
150	50	3	33.96	5.66	7.20	230.00	30.70	5.65	15.90	4.11	1.49	1.13
150	50	4	44.64	7.44	9.47	297.00	39.60	5.60	20.50	5.36	1.47	1.17
150	50	5	55.02	9.17	11.70	359.00	47.90	5.55	24.80	6.55	1.46	1.22
150	50	6	66.36	11.06	13.82	416.69	55.55	5.49	28.80	7.70	1.44	1.26
150	60	5	59.70	9.95	12.68	441.85	54.91	5.7	41.72	9.40	1.81	1.56
150	60	6	72.12	12.02	15.02	478.93	63.85	5.64	48.70	11.07	1.80	1.60
150	60	8	93.60	15.60	19.50	598.74	79.83	5.54	61.15	14.35	1.77	1.74
150	80	6	83.64	13.94	17.42	603.42	80.45	5.88	109.91	19.73	2.51	2.43
150	80	8	108.90	18.15	22.69	760.23	101.36	5.78	139.53	25.09	2.47	2.44
150	80	10	132.96	22.16	27.71	896.29	119.50	5.68	165.85	30.37	2.44	2.54

También en galvanizado e inoxidable





Continuación del cuadro anterior

DIMENSIONES			PESOS			TIPOS						
A	B	e	6 metros	1 metro	SECCION	EJE X-X			EJE Y-Y			
mm	mm	mm	kg	kg	cm <sup>2</sup>	I	W	I	I	W	I	x
						cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm
150	80	12	157.80	26.30	32.47	1012.95	135.06	5.59	189.27	35.31	2.41	2.64
200	50	2	27.66	4.61	5.87	316.00	31.60	7.34	11.80	2.88	1.42	0.92
200	50	3	40.98	6.83	8.70	462.00	46.20	7.29	17.10	4.23	1.40	0.96
200	50	4	54.06	9.01	11.50	600.00	60.00	7.23	22.10	5.52	1.39	1.00
200	50	5	66.60	11.10	14.20	729.00	72.90	7.17	26.70	6.75	1.37	1.05
200	50	6	80.70	13.45	16.81	850.82	85.08	7.11	31.18	7.97	1.36	1.09
200	60	5	71.46	11.91	15.18	853.31	85.33	7.50	45.29	9.72	1.73	1.34
200	60	6	86.52	14.42	18.01	963.76	96.37	7.31	53.04	11.50	1.71	1.39
200	60	8	112.80	18.80	23.50	1218.58	121.85	7.20	66.96	14.96	1.68	1.53
200	80	6	96.04	16.34	20.42	1189.65	118.96	7.63	120.77	20.61	2.43	2.14
200	80	8	128.10	21.35	26.69	1513.67	151.36	7.53	153.94	26.27	2.40	2.14
200	80	10	156.96	26.16	32.71	1303.27	180.32	7.42	183.91	31.87	2.37	2.23
200	80	12	186.96	31.16	38.47	2060.24	206.02	7.32	210.38	37.04	2.34	2.32
200	100	6	109.56	18.26	22.82	1415.55	141.55	7.87	225.25	31.19	3.14	2.78
200	100	8	143.46	23.91	29.89	1808.75	180.87	7.77	289.60	40.61	3.11	2.87
200	100	10	176.16	29.36	36.71	2164.60	216.46	7.67	348.64	49.59	3.08	2.97
200	100	12	210.30	35.05	43.28	2484.70	284.47	7.58	420.78	60.72	3.12	3.07
250	60	3	50.82	8.47	10.80	894.47	71.56	9.10	30.27	6.18	1.67	1.10
250	60	4	76.20	11.20	14.27	1166.90	93.35	9.04	39.31	8.09	1.66	1.14
250	60	5	83.22	13.87	17.68	1426.75	114.14	8.98	47.85	9.95	1.65	1.19
250	60	6	102.12	17.02	21.02	1674.23	133.94	8.92	55.89	11.72	1.63	1.23
250	60	8	133.50	22.25	27.48	2132.71	170.62	8.81	70.52	15.07	1.60	1.32
250	80	6	112.44	18.74	23.42	203.09	162.48	9.31	128.98	21.28	2.34	1.82
250	80	8	147.30	24.55	30.69	2600.80	208.06	9.20	164.65	27.03	2.31	1.91
250	80	10	180.96	30.16	37.71	3119.15	249.53	9.67	197.30	32.88	2.28	2.00
250	80	12	216.12	36.02	44.47	3588.54	287.07	9.57	225.78	38.20	2.25	2.09
250	100	6	123.96	20.66	25.82	2388.38	191.07	9.46	241.61	32.17	3.05	2.49
250	100	8	162.66	27.11	33.89	3069.49	245.55	11.06	311.36	41.96	3.03	2.58
250	100	10	200.16	33.36	41.71	3695.48	295.64	11.00	375.84	51.27	3.00	2.67
250	100	12	239.46	39.91	49.27	4268.34	341.47	10.94	450.31	62.28	3.02	2.77
250	120	10	222.12	37.02	45.71	4271.77	341.74	10.71	629.61	73.21	3.71	3.40
250	120	12	262.74	43.79	54.07	4947.99	395.84	10.60	732.59	86.09	3.68	3.49
300	80	4	84.12	14.02	17.87	2186.18	145.75	11.20	93.35	14.50	2.29	1.56
300	80	5	104.46	17.41	22.18	2685.33	179.02	11.09	114.40	17.90	2.27	1.61
300	80	6	126.84	21.14	26.42	3165.24	211.01	11.00	134.55	21.19	2.26	1.65
300	80	8	166.50	27.75	34.69	4071.64	271.44	10.94	172.94	27.62	2.23	1.74
300	80	10	205.02	34.17	42.71	4906.43	327.09	10.83	207.65	33.60	2.20	1.82
300	80	12	245.28	40.88	50.47	5672.90	378.19	10.71	237.51	39.00	2.17	1.91
300	100	6	138.36	23.06	28.82	3683.91	245.59	10.60	254.58	32.89	2.97	2.26
300	100	8	181.86	30.31	37.89	4753.93	316.92	11.30	328.58	42.95	2.94	2.35
300	100	10	224.16	37.36	46.71	5747.76	383.18	11.20	397.3	52.55	2.91	2.44
300	100	12	268.68	44.78	55.30	6670.00	445.00	11.09	459.00	61.50	2.88	2.53
300	120	10	246.42	41.07	50.71	6589.61	439.31	10.87	667.52	75.09	3.63	3.11
300	120	12	291.90	48.65	60.07	7663.55	510.90	11.40	777.84	88.49	3.60	3.21
300	150	10	275.58	45.93	56.71	7851.11	523.41	11.19	1250.73	115.92	4.70	4.21
300	150	12	326.88	54.48	67.27	9156.55	610.44	11.77	1464.63	137.01	4.67	4.31

También en galvanizado e inoxidable



## PERFILES ESTRUCTURALES OMEGA

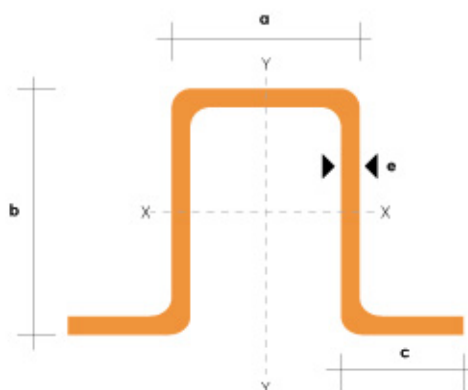
### Especificaciones Generales

Otras calidades	Previa consulta
Largo normal	6.00m
Otros largos	Previa consulta
Acabado	Natural
Otro acabado	Previa consulta



DIMENSIONES				PESO		AREA
mm				Kg/m	Kg/6m	cm2
a	b	c	e			
35	50	20	2	2.50	15.00	3.21
35	50	20	3	3.75	22.80	4.53

Medidas especiales bajo pedido

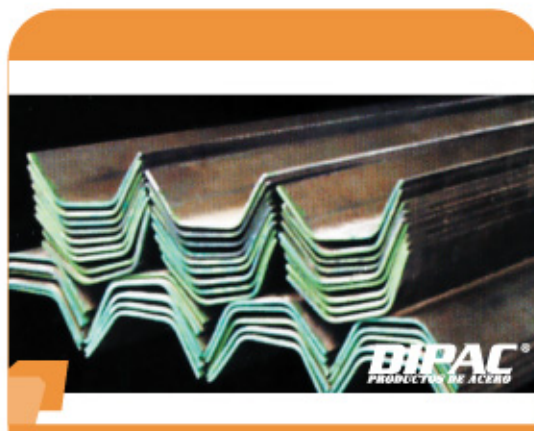




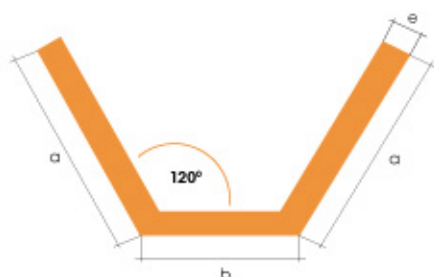
## PERFILES ESTRUCTURALES CANALES UV

### Especificaciones Generales

Otras calidades	Previa consulta
Largo normal	6.00m
Otros largos	Previa consulta
Espesores	Desde 1.50mm hasta 12.00mm
Acabados	Natural
Otro acabado	Previa consulta



PERFIL TIPO	DIMENSIONES			PESO Kg/m	AREA cm2
	mm				
	a	b	e		
UV 1	60	60	6	8.48	10.80
UV 2	75	50	6	9.42	12.00
UV 3	75	60	6	9.89	12.60
UV 4	100	60	6	12.25	15.60
UV 5	100	60	8	16.33	20.80
UV 6	100	70	8	16.96	21.60
UV 7	100	60	10	20.41	26.00
UV 8	120	70	10	24.34	31.00
UV 9	120	70	12	29.20	37.20
UV 10	150	80	12	35.80	45.60



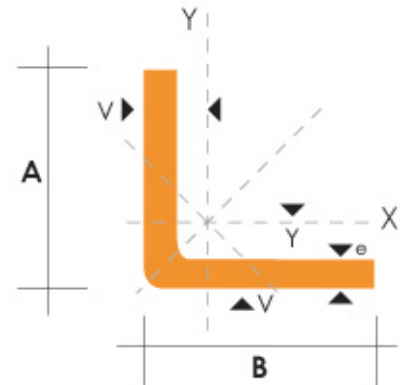




## PERFILES ESTRUCTURALES ANGULOS "L" DOBLADO

### Especificaciones Generales

<b>Norma</b>	INEN 1 623:2000
<b>Otras calidades</b>	Previa consulta
<b>Largo normal</b>	6,0m
<b>Otros largos</b>	Previa consulta
<b>Espesores</b>	Desde 1,5mm hasta 12,0mm
<b>Acabado</b>	Natural
<b>Otro acabado</b>	Previa consulta



DIMENSIONES			PESOS									
A	B	e	6 metros	1 metro	SECCION	EJE X-X		=	EJE Y-Y	EJE U-U	EJE V-V	
mm	mm	mm	Kg	Kg	cm <sup>2</sup>	I	W		i	X=Y	i	i
						cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>		cm	cm	cm	cm
25	25	2	4.38	0.73	0.93	0.57	0.32		0.78	0.72	0.99	0.47
25	25	3	6.36	1.06	1.35	0.79	0.44		0.76	0.77	0.98	0.44
30	30	2	5.34	0.89	1.13	1.00	0.46		0.94	0.84	1.20	0.58
30	30	3	7.80	1.30	1.65	1.41	0.67		0.92	0.89	1.18	0.55
30	30	4	10.08	1.68	2.14	1.80	0.88		0.92	0.94	1.17	0.52
40	40	2	7.20	1.20	1.53	2.44	0.84		1.26	1.09	1.61	0.78
40	40	3	10.62	1.77	2.25	3.50	1.22		1.25	1.14	1.59	0.76
40	40	4	13.86	2.31	2.94	4.46	1.58		1.23	1.19	1.58	0.78
40	40	5	19.62	2.82	3.59	5.31	1.91		1.22	1.23	0.73	0.73
50	50	2	9.12	1.52	1.93	4.86	1.33		1.58	1.34	2.01	0.98
50	50	3	13.44	2.24	2.85	7.03	1.95		1.57	1.39	2.00	0.96
50	50	4	17.64	2.94	3.74	9.04	2.53		1.56	1.43	1.98	0.94
50	50	5	21.60	3.60	4.59	10.88	3.09		1.54	1.48	1.97	0.93
50	50	6	25.92	4.32	5.40	12.57	3.62		1.53	1.53	1.96	0.90
60	60	3	16.26	2.71	3.45	12.37	2.84		1.89	1.64	2.41	1.16
60	60	4	21.36	3.56	4.54	16.00	3.71		1.88	1.68	2.39	1.15
60	60	5	26.34	4.39	5.59	19.40	4.54		1.86	1.73	2.38	1.13
60	60	6	31.68	5.28	6.60	22.56	5.35		1.85	1.78	2.37	1.11
60	60	8	41.04	6.84	8.55	28.21	6.85		1.82	1.88	2.34	1.05
75	75	3	19.56	3.26	4.35	24.60	4.48		2.38	2.01	3.02	1.48
75	75	4	27.06	4.51	5.74	32.02	5.88		2.36	2.06	3.00	1.45
75	75	5	33.42	5.57	7.09	39.08	7.25		2.35	2.11	2.99	1.43
75	75	6	40.32	6.72	8.40	45.76	8.57		2.33	2.16	2.97	1.40
75	75	8	52.56	8.76	10.95	58.03	11.05		2.30	1.25	2.95	1.37
75	75	10	64.92	10.82	13.36	68.89	13.38		2.27	2.35	2.92	1.32
80	80	4	28.92	4.82	6.14	39.10	6.72		2.52	2.18	3.21	1.56
80	80	5	35.76	5.96	7.59	47.79	8.28		2.51	2.23	3.20	1.54
80	80	6	43.20	7.20	9.00	56.05	9.80		2.49	2.28	3.18	1.51
80	80	8	56.40	9.40	11.75	71.32	12.67		2.46	2.37	3.16	1.46
80	80	10	68.94	11.49	14.36	84.94	15.36		2.43	2.47	3.13	1.43
80	80	12	81.78	13.63	16.83	97.05	17.87		2.40	2.57	3.10	1.38

También en galvanizado e inoxidable - Medidas Especiales Bajo Pedido.



Continuación del cuadro anterior

DIMENSIONES			PESOS		SECCION	EJE X-X		EJE Y-Y		EJE U-U	EJE V-V
A	B	e	6 metros	1 metro		I	W	i	X=Y	i	i
mm	mm	mm	Kg	Kg	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm	cm	cm
100	100	5	45.18	7.53	9.59	95.50	13.10	3.16	2.73	4.01	1.95
100	100	6	54.72	9.12	11.40	112.50	15.58	3.14	2.78	4.00	1.92
100	100	8	71.76	11.96	14.95	144.63	20.29	3.11	2.87	3.97	1.89
100	100	10	88.14	14.69	18.36	173.85	24.73	3.08	2.97	3.94	1.83
100	100	12	105.12	17.52	21.63	201.12	28.98	3.05	3.06	3.92	1.82
100	100	14	120.42	20.07	24.78	225.60	32.98	3.02	3.16	3.89	1.75
125	125	5	56.94	9.49	12.10	190.00	20.80	3.96	3.35	5.03	2.46
125	125	6	69.12	11.52	14.40	224.55	24.67	3.95	3.40	5.02	2.44
125	125	8	90.96	15.16	18.95	290.90	32.29	3.92	3.49	4.99	2.47
125	125	10	112.14	18.69	23.36	353.10	39.63	3.89	3.59	4.96	2.35
125	125	12	134.28	22.38	27.63	411.29	46.63	3.86	3.68	4.94	2.32
125	125	14	154.44	25.74	31.78	465.43	53.38	3.83	3.78	4.91	2.27
150	150	6	83.52	13.92	17.40	393.59	35.88	4.75	4.03	6.04	2.94
150	150	8	110.16	18.36	22.95	512.45	47.10	4.72	4.12	6.01	2.92
150	150	10	136.14	22.69	28.36	625.31	57.95	4.69	4.21	5.98	2.87
150	150	12	163.14	27.24	33.60	732.00	68.50	4.67	4.31	5.96	2.84
150	150	14	183.60	30.60	37.78	833.33	78.62	4.64	4.40	5.93	2.79
175	175	6	99.18	16.53	20.41	631.44	49.14	5.56	4.65	7.06	3.45
175	175	8	131.22	21.87	26.90	825.00	64.70	5.53	4.74	7.03	3.43
175	175	10	160.20	26.70	33.40	1010.00	79.80	5.50	4.84	7.01	3.39
175	175	12	192.54	32.09	39.60	1190.00	94.50	5.47	4.93	6.98	3.35
175	175	14	222.24	37.04	45.80	1360.00	109.00	5.44	5.03	6.95	3.35
200	200	6	112.32	18.72	23.40	949.53	64.50	6.37	5.28	8.08	3.95
200	200	8	148.56	24.76	30.95	1243.96	85.02	6.34	5.37	8.05	3.32
200	200	10	184.14	30.69	38.36	1527.52	105.05	6.31	5.46	8.02	3.39
200	200	12	221.14	36.94	45.60	1800.00	125.00	6.28	5.55	8.00	3.36
200	200	14	156.26	42.71	52.80	2060.00	144.00	6.25	5.65	7.97	3.42
250	250	6	141.12	23.52	29.40	1874.06	101.46	7.98	6.53	10.12	4.97
250	250	8	186.96	31.16	38.95	2464.09	134.06	7.95	6.62	10.09	4.34
250	250	10	232.14	38.69	48.36	3037.01	166.04	7.92	6.71	10.06	4.37
250	250	12	280.08	46.68	57.63	3593.42	197.44	7.90	6.80	10.04	4.38
250	250	14	324.54	54.09	66.78	4132.57	228.32	7.87	6.90	10.01	4.32

También en galvanizado e inoxidable - Medidas Especiales Bajo Pedido.





## PERFILES IMPORTADOS ANGULOS

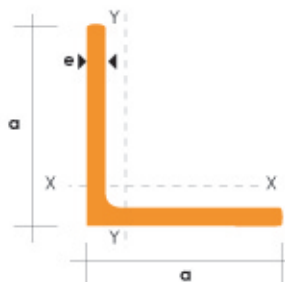
### Especificaciones Generales

<b>Calidad</b>	ASTM A36 SAE 1008
<b>Otras calidades</b>	Previa Consulta
<b>Largo normal</b>	6.00m
<b>Otros largos</b>	Previa Consulta
<b>Acabado</b>	Natural
<b>Otro acabado</b>	Previa Consulta



DENOMINACION	DIMENSIONES		PESO		AREA
	mm		kg/m	kg/6m	cm2
	a	e			
AL 20X2	20	2	0.60	3.62	0.76
AL 20X3	20	3	0.87	5.27	1.11
AL 25X2	25	2	0.75	4.56	0.96
AL 25X3	25	3	1.11	6.68	1.41
AL 25X4	25	4	1.45	8.75	1.84
AL 30X3	30	3	1.36	8.13	1.71
AL 30X4	30	4	1.77	10.63	2.24
AL 40X3	40	3	1.81	11.00	2.31
AL 40X4	40	4	2.39	14.34	3.04
AL 40X6	40	6	3.49	21.34	4.44
AL 50X3	50	3	2.29	13.85	2.91
AL 50X4	50	4	3.02	18.33	3.84
AL 50X6	50	6	4.43	26.58	5.64
AL 60X6	60	6	5.37	32.54	6.84
AL 60X8	60	8	7.09	42.54	9.03
AL 65X6	65	6	5.84	35.25	7.44
AL 70X6	70	6	6.32	38.28	8.05
AL 75X6	75	6	6.78	40.65	8.64
AL 75X8	75	8	8.92	54.18	11.36
AL 80X8	80	8	9.14	11.60	11.60
AL 100X6	100	6	9.14	56.95	11.64
AL 100X8	100	8	12.06	74.05	15.36
AL 100X10	100	10	15.04	90.21	19.15
AL 100X12	100	12	18.26	109.54	22.56

También en galvanizado e inoxidable





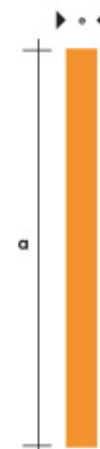
## PERFILES LAMINADOS PLATINAS

### Especificaciones Generales

<b>Calidad</b>	ASTM A36 SAE 1008
<b>Otras calidades</b>	Previa Consulta
<b>Largo normal</b>	6.00m
<b>Otros largos</b>	Previa Consulta
<b>Acabado</b>	Natural
<b>Otro acabado</b>	Previa Consulta



DENOMINACION	DIMENSIONES		PESO		AREA
	mm		kg/m	kg/6m	cm2
	a	e			
PLT 12X3	12	3	0.28	1.70	0.36
PLT 12X4	12	4	0.38	2.45	0.48
PLT 12X6	12	6	0.57	3.40	0.72
PLT 19X3	19	3	0.45	2.68	0.57
PLT 19X4	19	4	0.60	3.58	0.76
PLT 19X6	19	6	0.89	5.37	1.15
PLT 25X3	25	3	0.59	3.53	0.75
PLT 25X4	25	4	0.79	4.71	1.00
PLT 25X6	25	6	1.18	7.07	1.50
PLT 25X12	30	3	0.71	4.24	0.90
PLT 30X4	30	4	0.94	5.65	1.20
PLT 30X6	30	6	1.41	8.47	1.80
PLT 30X9	30	9	2.12	12.71	2.70
PLT 30X12	30	12	2.83	16.95	3.60
PLT 38X3	38	3	0.89	5.37	1.15
PLT 38X4	38	4	1.19	7.16	1.52
PLT 38X6	38	6	1.79	11.40	2.28
PLT 38X9	38	9	2.69	16.11	3.42
PLT 38X12	38	12	3.58	21.48	4.56
PLT 50X3	50	3	1.18	7.08	1.50
PLT 50X4	50	4	1.58	9.42	2.00
PLT 50X6	50	6	2.26	14.16	3.00
PLT 50X9	50	9	3.53	21.20	4.50
PLT 50X12	50	12	4.71	28.26	6.00
PLT 65X6	65	6	3.06	18.37	3.90
PLT 65X9	65	9	4.59	27.55	5.85
PLT 65X12	65	12	6.12	36.73	7.80
PLT 75X6	75	6	3.53	21.20	4.50
PLT 75X9	75	9	5.30	31.80	6.75
PLT 75X8	75	8	7.07	28.26	9.00
PLT 75X12	75	12	7.07	42.39	9.00
PLT 100X6	100	6	4.71	28.26	6.00
PLT 100X8	100	8	7.07	37.68	9.00
PLT 100X9	100	9	7.07	43.00	9.00
PLT 100X12	100	12	9.42	58.00	12.00
PLT 120X12	120	12	67.82	67.82	14.40
PLT 150X15	150	15	105.88	105.88	22.50
PLT 150X20	150	20	145.44	145.00	30.00





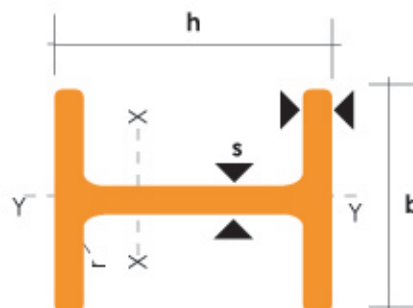
## PERFILES LAMINADOS HEB

### Especificaciones Generales

<b>Calidad</b>	ASTM A36
<b>Otras calidades</b>	Previa Consulta
<b>Largo normal</b>	6.00m y 12.00m
<b>Otros largos</b>	Previa Consulta
<b>Acabado</b>	Natural
<b>Otro acabado</b>	Previa Consulta



DENOMINACION	DIMENSIONES					SECCION PESOS		TIPOS			
	h	b	s	t	r	cm <sup>2</sup>	Kg/mt	Ix	Iy	Wx	Wy
	mm	mm	mm	mm	mm			cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>
HEB 100	100	100	6.00	10.00	12	26.00	20.40	450	167	89	33.50
HEB 120	120	120	6.50	11.00	12	34.00	26.70	864	318	144	52.90
HEB 140	140	140	7.00	12.00	12	43.00	33.70	1510	550	216	78.50
HEB 160	160	160	8.00	13.00	15	54.30	42.60	2490	889	311	111.00
HEB 180	180	180	8.50	14.00	15	65.30	51.20	3830	1360	426	151.00
HEB 200	200	200	9.00	15.00	18	78.10	61.30	5700	2000	570	200.00
HEB 220	220	220	9.50	16.00	18	91.00	71.50	8090	2840	736	258.00
HEB 240	240	240	10.00	17.00	21	106.00	83.20	11260	3920	938	327.00
HEB 260	260	260	10.00	17.50	24	118.00	93.00	14920	5130	1150	395.00
HEB 280	280	280	10.50	18.00	24	131.00	103.00	19270	6590	1380	471.00
HEB 300	300	300	11.00	19.00	27	149.00	117.00	25170	8560	1680	571.00
HEB 320	320	300	11.50	20.50	27	161.00	127.00	30820	9240	1930	616.00







## PERFILES LAMINADOS IPN

### Especificaciones Generales

<b>Calidad</b>	ASTM A36
<b>Otras calidades</b>	Previa Consulta
<b>Largo normal</b>	6.00m y 12.00m
<b>Otros largos</b>	Previa Consulta
<b>Acabado</b>	Natural
<b>Otro acabado</b>	Previa Consulta



DENOMINACION	DIMENSIONES						SECCION PESOS		PROPIEDADES			
	h mm	s mm	g mm	t mm	R mm	R1 mm	cm <sup>2</sup>	Kg/m	Ix cm <sup>4</sup>	Iy cm <sup>4</sup>	Wx cm <sup>3</sup>	Wy cm <sup>3</sup>
IPN 80	80	42	3.90	5.90	30.90	2.30	7.58	5.95	77	6.29	19.50	3.00
IPN 100	100	50	4.50	6.80	4.50	2.70	10.60	8.32	171	12.20	34.20	4.88
IPN 120	120	58	5.10	7.70	5.10	3.10	14.20	11.20	328	21.50	54.70	7.41
IPN 140	140	66	5.70	8.60	5.70	3.40	18.30	14.40	573	35.20	81.90	10.70
IPN 160	160	74	6.30	9.50	6.30	3.80	22.80	17.90	935	54.70	117.00	14.80
IPN 180	180	82	6.90	10.40	6.90	4.10	27.90	21.90	1450	81.30	161.00	19.80
IPN 200	200	90	7.50	11.30	7.50	4.50	33.50	26.30	2140	117.00	214.00	26.00
IPN 220	220	98	8.10	12.20	8.10	4.90	39.60	31.10	3060	162.00	278.00	33.10
IPN 240	240	106	8.70	13.10	8.70	5.20	46.10	36.20	4250	221.00	354.00	41.70
IPN 260	260	113	9.40	14.10	9.40	5.60	53.40	41.90	5740	288.00	442.00	51.00
IPN 300	300	125	10.80	16.20	10.80	6.50	69.10	54.20	9800	451.00	653.00	72.20
IPN 340	340	137	12.20	18.30	12.20	7.30	86.80	68.10	15700	647.00	923.00	98.40
IPN 360	360	143	13.00	19.50	13.00	7.80	97.10	76.20	19610	818.00	1090.00	114.00
IPN 400	400	155	14.40	21.60	14.40	8.60	118.00	92.60	29210	1160.00	1460.00	149.00
IPN 450	450	170	16.20	24.30	16.20	9.70	147.00	115.00	45850	1730.00	2040.00	203.00
IPN 500	500	185	18.00	27.00	18.00	10.80	180.00	141.00	68740	2480.00	2750.00	268.00
IPN 550	550	200	19.00	30.00	19.00	11.90	213.00	167.00	99180	3490.00	3610.00	349.00





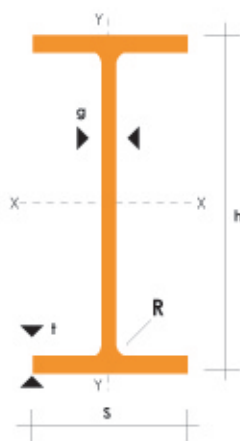
## PERFILES LAMINADOS IPE

### Especificaciones Generales

<b>Calidad</b>	ASTM A36
<b>Otras calidades</b>	Previa Consulta
<b>Largo normal</b>	6.00m y 12.00m
<b>Otros largos</b>	Previa Consulta
<b>Acabado</b>	Natural
<b>Otro acabado</b>	Previa Consulta



DENOMINACION	DIMENSIONES					SECCION cm <sup>2</sup>	PESOS kg/mt	TIPOS			
	h mm	s mm	g mm	t mm	R mm			I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	W <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>
IPE 80	80	46	3.80	5.20	5	7.64	6.00	80	8.49	20.00	3.69
IPE 100	100	55	4.10	5.70	5	10.30	8.10	171	15.90	34.20	5.79
IPE 120	120	64	4.40	6.30	5	13.20	10.40	318	27.70	53.00	8.65
IPE 140	140	73	4.70	6.90	7	16.40	12.90	541	44.90	77.30	12.30
IPE 160	160	82	5.00	7.40	7	20.10	15.80	869	68.30	109.00	16.70
IPE 180	180	91	5.30	8.00	7	23.90	18.80	1320	101.00	140.00	22.20
IPE 200	200	100	5.60	8.50	9	28.50	22.40	1940	142.00	194.00	28.50
IPE 220	220	110	5.90	9.20	9	33.40	26.20	2770	205.00	252.00	37.30
IPE 240	240	120	6.20	9.80	12	39.10	30.70	3890	284.00	324.00	47.30
IPE 270	270	135	6.60	10.20	12	45.90	36.10	5790	420.00	429.00	62.20
IPE 300	300	150	7.10	10.70	15	53.80	42.20	8360	604.00	557.00	80.50
IPE 330	330	160	7.50	11.50	15	62.60	49.10	11770	788.00	713.00	98.50
IPE 360	360	170	8.00	12.70	118	72.70	57.10	16270	1040.00	904.00	123.00
IPE 400	400	180	8.60	13.50	118	84.50	63.30	23130	1320.00	1160.00	146.00
IPE 450	450	190	9.40	14.60	21	98.80	77.70	33740	1680.00	1500.00	176.00
IPE 500	500	200	10.20	16.00	21	116.00	90.70	48200	2140.00	1930.00	214.00
IPE 550	550	210	11.10	17.20	24	134.00	106.00	67120	2670.00	2440.00	254.00





## PERFILES LAMINADOS UPN

### Especificaciones Generales

<b>Calidad</b>	ASTM A36
<b>Otras calidades</b>	Previa Consulta
<b>Largo normal</b>	6.00m y 12.00m
<b>Otros largos</b>	Previa Consulta
<b>Acabado</b>	Natural
<b>Otro acabado</b>	Previa Consulta



UPN

DENOMINACION	DIMENSIONES						TIPOS					
	h mm	s mm	g mm	t mm	R mm	R1 cm4	SECCION cm2	PESOS kg/mt	Ix cm4	Iy cm4	Wx cm3	Wy cm3
UPN 50	50	38	5.00	7.00	7.00	3.50	7.12	5.59	26.40	9.12	10.60	3.75
UPN 65	65	42	5.50	7.50	7.50	4.00	9.03	7.09	57.50	14.10	17.70	5.07
UPN 80	80	45	6.00	8.00	8.00	4.00	1.10	8.64	106.00	19.40	26.50	6.36
UPN 100	100	50	6.00	8.50	8.50	4.50	13.50	10.60	206.00	29.30	41.20	8.49
UPN 120	120	55	7.00	9.00	9.00	4.50	17.00	13.40	364.00	43.20	60.70	11.10
UPN 140	140	60	7.00	10.00	10.00	5.00	20.40	16.00	605.00	62.70	86.40	14.80
UPN 160	160	65	7.50	10.50	10.50	5.50	24.00	18.80	905.00	85.30	116.00	18.30
UPN 180	180	70	8.00	11.00	11.00	5.50	28.00	22.00	1350.00	114.00	150.00	22.40
UPN 200	200	75	8.50	11.50	11.50	6.00	32.20	25.30	1910.00	148.00	191.00	27.00
UPN 220	220	80	9.00	12.50	12.50	6.50	37.40	29.40	2690.00	197.00	245.00	33.60
UPN 240	240	85	9.50	13.00	13.00	6.50	42.30	33.20	3600.00	248.00	300.00	39.60
UPN 260	260	90	10.00	14.00	14.00	7.00	48.30	37.90	4820.00	317.00	371.00	47.70
UPN 300	300	100	10.00	16.00	16.00	8.00	58.80	46.20	8030.00	495.00	535.00	67.80







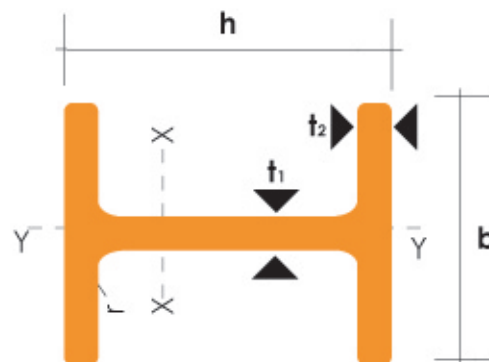
## PERFILES LAMINADOS HW

### Especificaciones Generales

<b>Calidad</b>	ASTM A36
<b>Otras calidades</b>	Previa Consulta
<b>Largo normal</b>	6.00m y 12.00m
<b>Otros largos</b>	Previa Consulta
<b>Acabado</b>	Natural
<b>Otro acabado</b>	Previa Consulta



HxB	t1	t2	r	cm2	kg/m	cm4		cm		cm3	
						Ix	Iy	ix	iy	Wx	Wy
100x100	6.0	8	10	21.9	17.2	383	134	4.2	2.47	77	27
125x125	6.5	9	10	30.31	23.8	847	394	5.3	3.11	136	47
150x150	7.0	10	13	40.55	31.9	1660	564	6.4	3.73	221	75
175x175	7.5	11	13	51.43	40.3	2900	984	7.5	4.37	331	112
200x200	8.0	12	16	64.28	50.5	4770	1600	8.6	4.99	477	160
200x204	12.0	12	16	72.28	56.7	5030	1700	8.4	4.85	503	167
250x250	9.0	14	16	92.18	72.4	10800	3650	10.8	6.29	867	292
250x255	14.0	14	16	104.7	82.2	11500	3880	10.5	6.09	919	304
294x302	12.0	12	20	108.3	85.0	17000	5520	12.5	7.14	1160	365
300x300	10.0	15	20	120.4	94.5	20500	6760	13.1	7.49	1370	450
300x305	15.0	15	20	135.4	106.0	21600	7100	12.6	7.24	1440	466
344x348	10.0	16	20	146.0	115.0	33300	11200	15.1	8.78	1940	646
350x350	12.0	19	20	173.9	137.0	40300	13600	15.2	8.84	2300	776
388x402	15.0	15	24	179.2	141.0	49200	16300	16.6	9.52	2540	809
394x398	11.0	18	24	187.6	147.0	56400	18900	17.3	10.00	2860	951
400x400	13.0	21	24	219.5	172.0	66900	22400	17.5	10.10	3340	1120
400x408	21.0	21	24	251.5	197.0	71100	23800	16.8	9.73	3560	1170
414x405	18.0	28	24	296.2	233.0	93000	31000	17.7	10.20	4490	1530
428x407	20.0	35	24	361.4	284.0	119000	39400	18.2	10.40	5580	1930
458x417	30.0	50	24	529.3	415.0	187000	60500	18.8	10.70	8180	2900
498x432	45.0	70	24	770.8	605.0	298000	84400	19.7	11.10	12000	4370





## PERFILES LAMINADOS

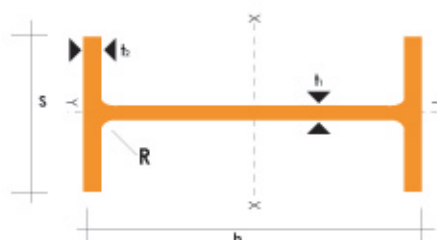
### HN

#### Especificaciones Generales

Calidad	ASTM A36
Otras calidades	Previa Consulta
Largo normal	6.00m y 12.00m
Otros largos	Previa Consulta
Acabado	Natural
Otro acabado	Previa Consulta



HxB	t1	t2	r	cm2	kg/m	cm4		cm		cm3	
						lx	ly	ix	iy	Wx	Wy
100x150	5.0	7	10	12.16	9.5	192	15	3.98	1.11	39	6
125x60	6.0	8	10	17.01	13.3	417	29	4.95	1.31	67	9
150x75	5.0	7	10	18.16	14.3	679	50	6.12	1.65	91	13
175x90	5.0	8	10	23.21	18.2	1220	97	7.26	2.05	140	22
198x99	4.5	7	13	23.59	18.5	1610	114	8.27	2.20	163	23
200x100	5.5	8	13	27.57	21.7	1880	134	8.25	2.21	188	27
248x124	5.0	8	13	32.89	25.8	3560	255	10.40	2.78	287	41
250x125	6.0	9	13	37.87	29.7	4080	294	10.40	2.79	326	47
298x149	5.5	8	16	41.55	32.6	6460	443	12.40	3.26	433	59
300x150	6.5	9	16	47.53	37.3	7350	508	12.40	3.27	490	68
346x174	6.0	9	16	53.19	41.8	11200	792	14.50	3.86	649	91
350x175	7.0	11	16	63.66	50.0	13700	985	14.70	3.93	782	113
400x150	8.0	13	16	71.12	55.8	18800	734	16.30	3.21	942	98
396x199	7.0	11	16	72.16	56.7	20000	1450	16.70	4.48	1010	145
400x200	8.0	13	16	84.12	66.0	23700	1740	16.80	4.54	1190	174
450x150	9.0	14	20	83.41	65.5	27100	793	18.00	3.08	1200	106
446x199	8.0	12	20	84.95	66.7	29000	1580	18.60	4.31	1300	159
450x200	9.0	14	20	97.41	76.5	33700	1870	18.60	4.38	1500	187
500x150	10.0	16	20	98.23	77.1	38500	907	19.80	3.04	1540	121
496x199	9.0	14	20	101.30	79.5	41900	1840	20.30	4.27	1690	185
500x200	10.0	16	20	114.20	89.6	47800	2140	20.50	4.33	1910	214
506x301	11.0	19	20	131.30	103.0	56500	2580	20.80	4.43	2230	257







## PERFILES LAMINADOS

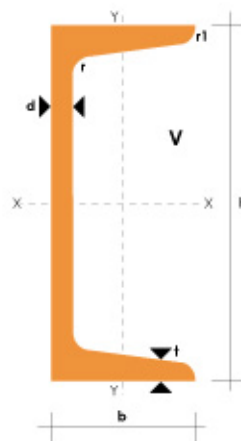
### U

#### Especificaciones Generales

<b>Calidad</b>	ASTM A36
<b>Otras calidades</b>	Previa Consulta
<b>Largo normal</b>	6.00m y 12.00m
<b>Otros largos</b>	Previa Consulta
<b>Acabado</b>	Natural
<b>Otro acabado</b>	Previa Consulta



h	b	d	t	r	r1	/cm <sup>2</sup>	/(kg/m)	X-X			Y-Y			Y1-Y1	zo-cm
								Wx/cm <sup>3</sup>	Ix/cm <sup>4</sup>	ix/cm	Wy/cm <sup>3</sup>	Iy/cm <sup>4</sup>	iy/cm		
50	37	4.5	7.0	7.0	3.5	6.928	5.438	10.4	26.0	1.94	3.55	8.30	1.10	20.9	1.35
63	40	4.8	7.5	7.5	3.8	8.451	6.634	16.1	50.8	2.45	4.50	11.90	1.19	28.4	1.36
80	43	5.0	8.0	8.0	4.0	10.248	8.045	25.3	101.0	3.15	5.79	16.60	1.27	37.4	1.43
100	48	5.3	8.5	8.5	4.2	12.748	10.007	39.7	198.0	3.95	7.80	25.60	1.41	54.9	1.52
120	53	5.5	9.0	9.0	4.5	15.692	12.318	62.1	391.0	4.95	10.20	38.00	1.57	77.1	1.59
140	58	6.0	9.5	9.5	4.8	18.516	14.535	80.5	564.0	5.52	13.00	53.20	1.70	107.0	1.71
160	63	6.5	10.0	10.0	5.0	21.962	17.240	108.0	866.0	6.28	16.30	73.30	1.83	144.0	1.80
180	68	7.0	10.5	10.5	5.2	25.699	20.174	141.0	1270.0	7.04	20.00	98.60	1.96	190.0	1.88
200	73	7.0	11.0	11.0	5.5	28.837	22.637	178.0	1780.0	7.86	24.20	128.00	2.11	244.0	2.01
220	79	9.0	11.5	11.5	5.8	36.246	28.453	234.0	2570.0	8.42	30.10	176.00	2.21	326.0	2.03
320	90	10.0	14.0	14.0	7.0	54.913	43.107	509.0	8140.0	12.2	49.20	336.00	2.47	593.0	2.16



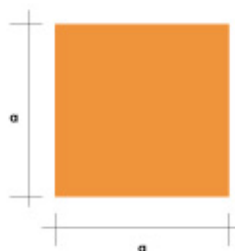


## Especificaciones Generales

### PERFILES LAMINADOS

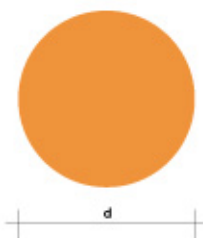
<b>Calidad</b>	ASTM A36
<b>Otras calidades</b>	Previa Consulta
<b>Largo normal</b>	6.00m
<b>Otros largos</b>	Previa Consulta
<b>Acabado</b>	Natural
<b>Otro acabado</b>	Previa Consulta

### VARILLA CUADRADA LISA



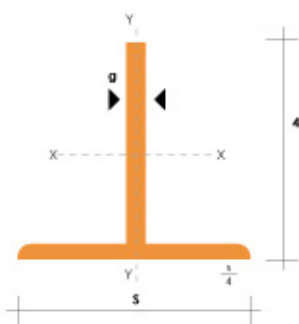
DENOMINACION	LADO		PESO		AREA
	mm	kg/m	kg/6m	cm2	
VCU 5/16	8.0	0.57	3.41	0.72	
VCU 3/8	9.0	0.64	3.83	0.81	
VCU 1/2	11.0	0.95	5.70	1.21	
VCU 5/8	15.0	1.77	10.60	2.25	
VCU 3/4	18.0	2.54	15.26	3.24	
VCU 24,5	24.5	4.72	28.30	6.00	

### VARILLA REDONDA LISA



DENOMINACION	DIAMETRO		PESO		AREA
	mm	kg/m	kg/6m	cm2	
VRL 5,5	5.5	0.34	2.04	0.43	
VRL 8	8.0	0.50	2.96	0.63	
VRL 10	10.0	0.62	3.70	0.79	
VRL 12	12.0	0.89	5.33	1.13	
VRL 15	15.0	1.39	8.32	1.77	
VRL 18	18.0	2.00	11.98	2.55	
VRL 22	22.0	2.98	17.90	3.80	
VRL 24,5	24.0	3.70	22.20	4.71	

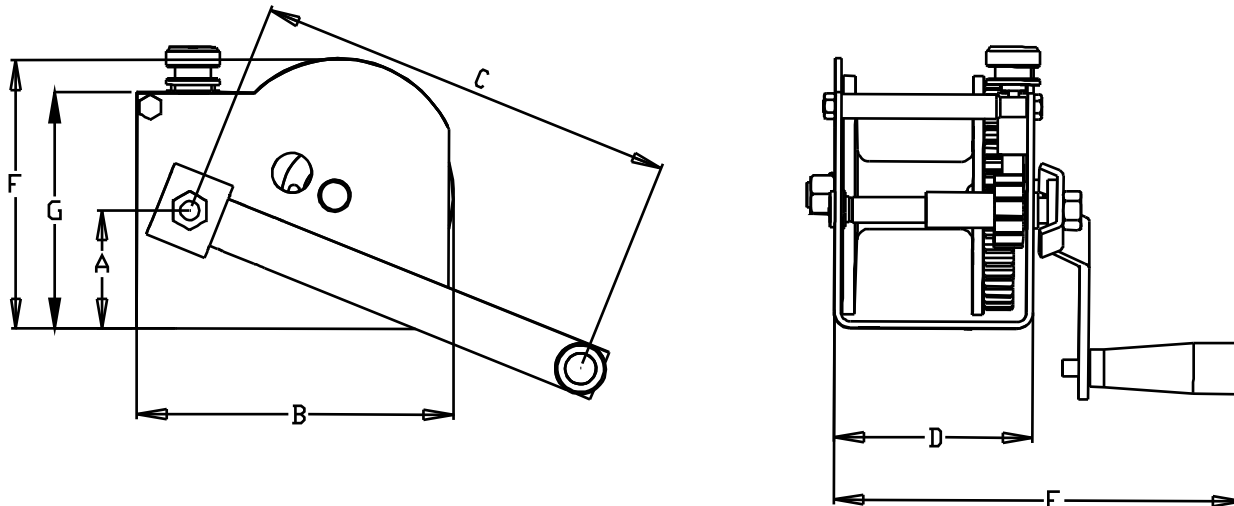
### TEES



DENOMINACION	DIMENSIONES			PESO		AREA
	mm			kg/m	kg/6m	cm2
	a	b	e			
TEE 20X3	20	20	3	0.90	5.40	1.15
TEE 25X3	25	25	3	1.19	7.14	1.52
TEE 30X3	30	30	3	1.41	8.48	1.80

## Cabrestante liviano

### Medidas



Modelo	A	B	C	D	E	F	G	Cable Ø3/16	Peso
C20K	28	125	205	99	218	103	90	18 mts	3 Kgs
C35K	59	160	205	99	218	130	108	25 mts	3,5 Kgs

### Despiece

#	Pieza	Código interno	
		CK20	CK35
1	Manopla	0711317	
2	Perno palanca	030430002	
3	Palanca	030430001	
4	Tuerca hexagonal	0710451	
5	Refuerzo palanca	030430003	
6	Eje palanca	030430004	
7	Eje carretel	030430006	
8	Cuerpo	030430013	030435003
9	Bulón hexagonal	0710154	
10	Buje traba	030430017	
11	Traba	030430009	
12	Perilla freno	030450018	
13	Resorte traba	0710728	
14	Perno separador sup.	030430015	
16	Carretel	030430018	030435005
17	Engranaje carretel	030430012	030435002
18	Umbraco	0710064	
19	Buje eje	030430005	

## ANEXO 2

### Catálogo de ruedas para transporte industrial



[Inicio](#)

[Productos](#)

[Calidad y Servicio](#)

[Empresa](#)

[Guía Técnica](#)

[Servicio CAD](#)

[Contacto](#)

Buscar



**Productos**

Inicio > Productos > Catálogo de productos > Ruedas para transporte industrial > SERIE TV

**SERIE TV**



Modelo diseñado especialmente para:  
Carretillas industriales, Manutención de factorías, Contenedores de trabajos duro, Industrias metalúrgicas, Químicas, Servicios Públicos.

[Pedir catálogo](#)

[Ver Comparativa de Ruedas](#)

[Solicitar más información](#)



**Características**

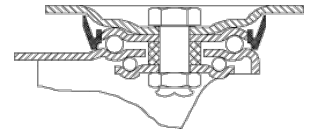
Fabricada con chapa de acero embutido hasta 5m/m de espesor.

Acabado bicromatizado de alta resistencia al óxido.

Doble rodamiento a bolas reforzado con pistas de rodadura endurecidas.

Protector anti-polvo en el cojinete del soporte.

Fabricadas según normas europeas en 12532.



**Dibujo Horquilla SERIE TV**

Chapa de acero embutido hasta 5m/m de espesor

**Buscador**

[Catálogo de productos](#)

Ruedas de alta capacidad

[Ruedas para transporte industrial](#)

[SERIE SL](#)

[SERIE TV](#)

[Ruedas TV-DE](#)

[Ruedas TV-TPG](#)

[Ruedas TV-HG](#)

[Ruedas TV-PO](#)

[Ruedas TV-HU](#)

[Ruedas TV-HUAB](#)

[Ruedas TV-TN](#)

[Ruedas TV-FT](#)

[Ruedas TV-TD](#)

[Ruedas TV-TT](#)

[Ruedas TV-TA](#)

[SERIE TVC](#)

[SERIE TVD](#)

[SERIE 61](#)

[SERIE ZV](#)

Ruedas de acero inoxidable

Ruedas para colectividades

Ruedas para muebles auxiliares

Ruedas neumaticas

Ruedas para andamios

Aros y rodillos

Ruedas para decoración

Ruedas twin lex

**Novedades**

**Enlaces útiles**

- [Solicitar Catálogo](#)
- [Servicio CAD](#)
- [Comparativa de Ruedas](#)
- [Buscador ruedas](#)
- [Noticias Alex](#)

**Registro Newsletter**

Reciba las novedades de Ruedas Alex.

Introduzca su E-mail

**REGISTRARME**

**Ruedas SERIE TV**

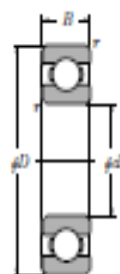
<p><b>Ruedas TV-...</b></p> <p>100-200 mm 200-450 Kg</p>	<p><b>Ruedas TV-...</b></p> <p>80-150 mm 110-280 Kg</p>	<p><b>Ruedas TV-...</b></p> <p>125-200 mm 225-600 Kg</p>	<p><b>Ruedas TV-...</b></p> <p>100-200 mm 200-600 Kg</p>	<p><b>Ruedas TV-...</b></p> <p>125-200 mm 400-800 Kg</p>
<p><b>Ruedas TV-...</b></p> <p>150-200 mm 600-800 Kg</p>	<p><b>Ruedas TV-...</b></p> <p>80-200 mm 250-600 Kg</p>	<p><b>Ruedas TV-...</b></p> <p>80-200 mm 300-800 Kg</p>	<p><b>Ruedas TV-...</b></p> <p>80-150 mm 280-700 Kg</p>	<p><b>Ruedas TV-...</b></p> <p>80-100 mm 100-125 Kg</p>
<p><b>Ruedas TV-...</b></p> <p>80-200 mm 300-800 Kg</p>				

ANEXO 3  
Catálogo de rodamientos NTN



## Rodamientos Rígidos de Bolas

NTN



Tipo abierto



Tipo con tapas (ZZ)



Tipo con sello de no contacto (LLB, LLF)



Tipo con sello de bajo torque (LLH)



Tipo con sello de contacto (LLU)

d 10~20mm

	Dimensiones principales			Capacidades básicas de carga				Factor dinámico $f_d$	Velocidades límites				Números de rodamientos					
	mm			kN		kgf			r.p.m.									
	d	D	B	$C_r$	$C_{or}$	$C_r$	$C_{or}$		grasa tipo abierto	acero tipo abierto	LLH	LLU	tipo abierto	con tapas	con sello de no contacto	con sello de bajo torque	con sello de contacto	
10	15	3	0.1	—	0.855	0.435	87	44	15.7	10 000	12 000	—	—	6700	—	—	—	—
	19	5	0.3	—	1.83	0.925	187	94	14.8	32 000	38 000	—	24 000	6800	ZZ	LLB	—	LLU
	22	6	0.3	0.3	2.7	1.27	275	129	14.0	30 000	36 000	—	21 000	6900	ZZ	LLB	—	LLU
	26	8	0.3	—	4.55	1.96	465	200	12.4	29 000	34 000	25 000	21 000	6000	ZZ	LLB	LLH	LLU
	30	9	0.6	0.5	5.10	2.30	520	244	13.2	25 000	30 000	21 000	18 000	6200	ZZ	LLB	LLH	LLU
35	11	0.6	0.5	8.20	3.50	835	355	11.4	23 000	27 000	20 000	16 000	6300	ZZ	LLB	LLH	LLU	
12	18	4	0.2	—	0.930	0.530	95	54	16.2	8 300	9 500	—	—	6701	—	LLF	—	—
	21	5	0.3	—	1.92	1.04	195	106	15.3	29 000	35 000	—	20 000	6801	ZZ	LLB	—	LLU
	24	6	0.3	0.3	2.89	1.46	295	149	14.5	27 000	32 000	—	19 000	6901	ZZ	LLB	—	LLU
	28	7	0.3	—	5.10	2.30	520	244	13.2	26 000	30 000	—	—	16001	—	—	—	—
	28	8	0.3	—	5.10	2.30	520	244	13.2	26 000	30 000	21 000	18 000	6001	ZZ	LLB	LLH	LLU
	32	10	0.6	0.5	6.10	2.75	620	280	12.7	22 000	26 000	20 000	16 000	6201	ZZ	LLB	LLH	LLU
37	12	1	0.5	9.70	4.20	990	425	11.1	20 000	24 000	19 000	15 000	6301	ZZ	LLB	LLH	LLU	
15	21	4	0.2	—	0.940	0.585	96	59	16.5	6 600	7 600	—	—	6702	—	LLF	—	—
	24	5	0.3	—	2.08	1.26	212	128	15.8	26 000	31 000	—	17 000	6802	ZZ	LLB	—	LLU
	28	7	0.3	0.3	3.65	2.00	375	204	14.8	24 000	28 000	—	16 000	6902	ZZ	LLB	—	LLU
	32	8	0.3	—	5.60	2.83	570	289	13.9	22 000	26 000	—	—	16002	—	—	—	—
	32	9	0.3	0.3	5.60	2.83	570	289	13.9	22 000	26 000	18 000	15 000	6002	ZZ	LLB	LLH	LLU
	35	11	0.6	0.5	7.75	3.60	790	365	12.7	19 000	23 000	18 000	15 000	6202	ZZ	LLB	LLH	LLU
42	13	1	0.5	11.4	5.45	1 170	555	12.3	17 000	21 000	15 000	12 000	6302	ZZ	LLB	LLH	LLU	
17	23	4	0.2	—	1.00	0.660	102	67	16.3	5 000	6 700	—	—	6703	—	LLF	—	—
	26	5	0.3	—	2.23	1.46	227	149	16.1	24 000	28 000	—	15 000	6803	ZZ	LLB	—	LLU
	30	7	0.3	0.3	4.65	2.58	475	263	14.7	22 000	26 000	—	14 000	6903	ZZ	LLB	—	LLU
	35	8	0.3	—	6.80	3.35	695	345	13.6	20 000	24 000	—	—	16003	—	—	—	—
	35	10	0.3	0.3	6.80	3.35	695	345	13.6	20 000	24 000	16 000	14 000	6003	ZZ	LLB	LLH	LLU
	40	12	0.6	0.5	9.60	4.60	980	465	12.8	18 000	21 000	15 000	12 000	6203	ZZ	LLB	LLH	LLU
	47	14	1	0.5	13.5	6.55	1 380	665	12.2	16 000	19 000	14 000	11 000	6303	ZZ	LLB	LLH	LLU
62	17	1.1	—	22.7	10.8	2 320	1 100	11.1	14 000	16 000	—	—	6403	—	—	—	—	
20	27	4	0.2	—	1.04	0.730	106	74	16.1	5 000	5 700	—	—	6704	—	LLF	—	—
	32	7	0.3	0.3	4.00	2.47	410	252	15.5	21 000	25 000	—	13 000	6804	ZZ	LLB	—	LLU
	37	9	0.3	0.3	6.40	3.70	650	375	14.7	19 000	23 000	—	12 000	6904	ZZ	LLB	—	LLU
	42	8	0.3	—	7.90	4.50	810	455	14.5	18 000	21 000	—	—	16004	—	—	—	—
	42	12	0.6	0.5	9.40	5.05	955	515	13.9	18 000	21 000	13 000	11 000	6004	ZZ	LLB	LLH	LLU
	47	14	1	0.5	12.8	6.65	1 310	680	13.2	16 000	18 000	12 000	10 000	6204	ZZ	LLB	LLH	LLU
52	15	1.1	0.5	15.9	7.90	1 620	805	12.4	14 000	17 000	12 000	10 000	6304	ZZ	LLB	LLH	LLU	

1) Dimensión mínima permitida para el chalfán r.

ANEXO 4  
Proformas y facturas





**IMPORTADORES Y DISTRIBUIDORES DE PRODUCTOS DE ACERO**  
R.U.C. 1791826582001

CONTRIBUYENTE ESPECIAL - RESOLUCIÓN No. 677 - 25/09/2006

MATRIZ: Av. Maldonado 6643 y Calle 5 - Pueblo Solo Pueblo - Teléfono: 269 0486 - Fax: 269 0487

AGENCIA 1: Av. Mariscal Sucre S10-601 e Iturralde - Teléfonos: 265 6110 / 265 9959 / 266 2214

261 5859 / 310 0541 / 310 0710

AGENCIA 2: Av. 6 de Diciembre 55132 y Juan Molineros - Teléfono: 247 0895 - Fax: 328 3840

AGENCIA 3: Av. Mariscal Sucre S26-156 y Hernando Talavera - Telf.: 262 2001 - Telefax: 262 6209

AGENCIA 4: Av. Maldonado S58257 - Panamericana Sur Km. 13 - Sector Antiguo Peaje Telf.: 300 7245

Movistar: 09 745 8263

kv.mundometales@hotmail.com

**PROFORMA 004 N° 002383**

Fecha: Quito Miércoles, 12 de Junio de 2013  
RUC: 999  
Cliente: (00000001) CONSUMIDOR FINAL  
Dirección:  
Vendedor: MARIO TACO

Teléfono:

**PRECIOS SUJETOS A VARIACION EN EL MERCADO**

CANTIDAD	ARTICULO	PESO	PRECIO	TOTAL
1.00	G. 200 x 50 x 15 x 3mm.		39.0469	39.05
1.00	AL. 2 x 1/8 (25 x 3 mm.)		6.5438	6.54
1.00	PLATINA 1 x 1/8 (25 x 3mm)		3.4875	3.49
1.00	TECN.75 x 75 x 2 mm. (3 x 2mm)		32.7563	32.76
1.00	PLANCHAS ANTIDESLIZANTE (3,0 mm):		86.2500	86.25
1.00	KILOS ELECT-AGA 1/8 6011 C-13		3.7031	3.70
1.00	BISAGRAS 3/8 x 2 cc		0.2344	0.23
SON: CIENTO NOVENTA Y DOS CON 66/100 Dolares			NETO:	172.02
<i>Hugo Fausto</i> LABORADO POR			IVA 12%	20.64
RECIBI CONFORME - CLIENTE			TOTAL:	192.66



Teodoro Gómez de la Torre S14-137  
y Av. Maldonado (Diagonal al  
colegio Técnico Sucre)  
Telf.: 2731-806 / 2672 932  
Celular: 099 9826812  
Quito - Ecuador

Hugo Fausto Suárez Utreras

OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD

R.U.C. 1703862985001

FACTURA 001-001

N° 0020356

AUTORIZACIÓN # 1112781895  
AUTORIZADO 22/MAYO/2013

Rodamientos • Chumaceras • Grasas • Retenedores • Bandas • Piñones • Cadenas • Herramientas  
Cuchillas para Tornos • Brocas • Sellos Mecánicos  
TODO TIPO DE ACEROS Y BRONCES

Cliente: Sr. Francisco Gavilanes  
Ruc: 1712261773001  
Dirección: WTON  
Telf.: 0984030027.  
Ciudad:

Fecha Emisión Factura 12-6-2013

Fecha de Vencimiento:

Solicitado por

Orden de Compra:

CANTIDAD	DESCRIPCION	V. UNIT.	PRECIO TOTAL
2SCH	Quemador 21/4" 5.03 Kg — 19.73 USD 2.82 Kg — x = 11.06 USD		19.73
			1
		SUBTOTAL 12%	14.73
		SUBTOTAL 0%	
		DESCUENTO	
		SUBTOTAL	
		I.V.A.	1.76
ENTREGADO POR	RECIBI CONFORME	VALOR TOTAL	16.50

Debo y Pagaré al emisor de esta factura incondicional en esta ciudad, o en la que se me demande, la suma total en dólares que muestre este documento. Sin protesto cancelaré, en caso de mora reconoceré y pagaré un interés. Equivalente a la tasa que resulte de aplicar, a la tasa máxima convencional que estuviere vigente al vencimiento de esta obligación, el máximo recargo por mora establecido por las normas legales vigentes, interés que reconoceré desde el día de vencimiento hasta su cancelación. Me obligo además a pagar todos los gastos judiciales y extrajudiciales, que ocasionen el cobro bastando para determinar el monto de tales gastos la sola afirmación del acreedor. Renuncio a domicilio en caso de juicio me someto a los jueces competentes de Quito, por la vía verbal sumaria o ejecutiva a elección del acreedor. Recibi conforme la mercadería y acepto las condiciones.

**FAVOR ENTREGAR COMPROBANTE DE RETENCIÓN DENTRO DE LOS 3 DIAS CASO CONTRARIO EL CLIENTE ASUMIRA EL VALOR TOTAL DE LA RETENCIÓN**

JOSE DAVID SINGAÑA RIVERA \* Imp. Gráficas Altesa RUC. 1716123805001 AUT. SRI 4229 DEL 0020251 AL 0020850 • CADUCA: 22/MAYO/2014  
ORIGINAL: ADQUIRIENTE • COPIA 1 AMARILLA: EMISOR • COPIA 2 ROSADA. SIN DERECHO A CREDITO TRIBUTARIO



IVAN BOHMAN C.A.  
 R.U.C. 0990320810001  
 Guayaquil: Km 6 1/2 Via Daule - Casilla 09-01-1317  
 Telefonos: 225-4111 - 225-8666 Fax: 2254244 - 2254159  
 Quito: Av. Galo Plaza Lasso N66-211 / N66-227 y de los Cerezos  
 Telefonos: (02)-249-5324 / 325 / 326 / 330 Fax: (02) 247-6054  
 Quito: Av. Maldonado 10750 y Ayapamba  
 Telefonos: (02) 306-3031 - (02) 306-3002 Fax: (02) 265-7296  
 Codigo: F-VE-018 Fecha: 2010-10-26 Versión: 02

**COTIZACION**

Cotización #: **00166905\_0**

Cliente: 00070009788 FRANCISCO GAVILANEZ  
 RUC: 1712261773001  
 Contacto:

Dirección:

Teléfono: 3160440  
 Fax:  
 % Descuento: 0

Vendedor: 14037 MORALES MORALES Condición de Pago: CONTADO

Código de artículo	Descripción	Un	Cantidad	Precio unitario	Pct. de desc.	Importe neto
04 32 1-SAE 1018 1"	BARRA RED. 1" TRANSMISION	KG	4.40	2.7500	25.00	9.08
04 32 1-SAE 1018 2"	BARRA RED. 2" TRANSMISION	KG	16.20	2.7500	25.00	33.41
04 32 1-SAE 1018 4" 1/2	BARRA RED. 4" TRANSMISION	KG	32.00	3.0000	25.00	72.00

**PRECIOS Y STOCK SUJETOS A CONFIRMACION**

TOTAL COTIZACION:	114.49
DESCUENTO ADICIONAL: 0.00 %	0.00
SUB-TOTAL:	114.49
I.V.A.	13.74
TOTAL:	128.23

*[Firma]*  
 Firma Vendedor

Firma Cliente

**IDMACERO CIA. LTDA.**

12/06/2013 16:35:42

NUMERO 11733

CLIENTE: 107 9999999999999  
 FRANCISCO GAVILANES  
 AV. MALDONADO  
 PICHINCHA QUITO  
 At. GABRIELA AGUILAR

FECHA: 12-Jun-2013  
 TIEMPO ENTREGA:  
 LUGAR ENTREGA:  
 BODEGA: CENTRAL  
 TIPO DE CREDITO:

Código	Descripción	Unid.	Cantidad	Peso	Precio	Subtotal
CUR-016	CURET ANA 1/2 X 1/4 0.08	UND	1.00	0.00	64.65	64.65
TUC-034	TUBO CUADRADO 2 1/2 X 1/2 33.35	UND	1.00	0.00	41.04	41.04
TUC-032	TUBO CUADRADO 3 X 2 27.88	UND	1.00	0.00	33.03	33.03
TUR-001	TUBO REDONDO 1/2 X 0.8 1.43	UND	1.00	0.00	2.03	2.03
PLA-008	PLATINA 1 X 3/16 4.71	UND	1.00	0.00	4.76	4.76
PLA-007	PLATINA 1 X 1/8 3.53	UND	1.00	0.00	3.64	3.64
ANG-004	ANGULO 1 X 1/8 6.64	UND	1.00	0.00	6.82	6.82

Comentarios

Subtotal	155.97
Descuento: 0.00 %	0.00 -
Base imponible 0%	0.00
Base imponible 12.00 %	155.97
Impuestos 12.00 %	18.72 +

**TOTAL 174.69**

# RODA NORTE

Proveedora y Distribuidora de Rulmanes  
WUARNIZO RODRIGUEZ JORGE WILLIAM

RODAMIENTOS - CHUMACERAS - BANDAS - MANGUERAS - RETENEDORES  
SUCURSAL: La Ofelia y Av. Diego de Vásquez N63-2003 y Manta TEL: 2530-516  
MATRIZ: Av. Mariscal Sucre S15-141 y Av. Ajavil TEL: 2844116 / 099199665  
Quito - Ecuador

R.U.C. 1703103323001  
**PROFORMA**

**Nº 0001574**

SKF	NSK	TINKEM
NTN	FAG	BANDAS DAYCO
KOYO	BCA	C/R MUSASHI
STEMCO	PAYEN	NTK

Fecha: QUITO, 12 VI / 2013 Telf.: \_\_\_\_\_  
 Señor (es): FRANCISCO CAVILANES  
 Dirección: \_\_\_\_\_  
 RUC./C.I.: \_\_\_\_\_ Forma de Pago: \_\_\_\_\_

ORIGINAL - ADOCUENTE / COPIA VERDE - EMISOR

CANT.	DESCRIPCIÓN	V. UNITARIO	TOTAL
1	6301 NTN		6
1	16004		10
1	6004		5

SON: <u>VEINTE Y UNO</u> Dólares	SUMAN	21
	DESCTO. \$	
	SUBTOTAL \$	1875
	IVA 12 %	225
	TOTAL \$	21

*[Firma]* RECIBI CONFORME - CLIENTE  
*[Firma]* FIRMA AUTORIZADA

Imp. 2012-03-16 DEL 0001001 AL 0001800

# PERNOS M.R.

Marco Antonio Raza A.  
PROPIETARIO

Ofrece toda clase de pernos y herramientas  
VENTAS AL POR MAYOR Y MENOR  
Dir.: Mariscal Sucre S16-132 y Chicaña - Multicomercial "BILOXI"  
Local 8 Telf.: 2840 037 Quito - Ecuador

R.U.C. 1703291672001  
**PROFORMA**

**0000070**

Fecha: 17 - VI / 2013  
 Cliente: \_\_\_\_\_  
 R.U.C./C.I.: \_\_\_\_\_ TELF.: \_\_\_\_\_  
 Dirección: \_\_\_\_\_

CANT.	DESCRIPCIÓN	V. UNITARIO	V. TOTAL										
1	RUEDA INDUSTRIAL 125 FITA		6.75										
1	" " 125 ORO		8.55										
1	WHEEL M-12 X 1.75		0.25										
1	PERNO ALLEN PL. 12 X 25		0.35										
1	TUERCA M-12 X 1.75		0.22										
1	PERNO M8 X 10 X 1.75		0.12										
1	ARRANDELLAS PLANAS Ø 8		0.02										
1	TUERCA M8 X 1.75		0.18										
1	CABRESTANTE 1600 LB		50										
1	TIPO PINTURA ANTICORROSION		4.50										
1	PERNO 178 X 15 X 1.75		0.10										
<table border="1"> <tr> <td>SUMAN</td> <td></td> </tr> <tr> <td>DESCUENTO</td> <td></td> </tr> <tr> <td>SUBTOTAL \$</td> <td></td> </tr> <tr> <td>IVA %\$</td> <td></td> </tr> <tr> <td>TOTAL \$</td> <td></td> </tr> </table>			SUMAN		DESCUENTO		SUBTOTAL \$		IVA %\$		TOTAL \$		
SUMAN													
DESCUENTO													
SUBTOTAL \$													
IVA %\$													
TOTAL \$													

**PERNOS M.R.**  
FIRMA AUTORIZADA

Firma Autorizada

Recibi Conforme



# CASTILLO HERMANOS S.A

TELE/FAX:2684560/1

CONTRIBUYENTE ESPECIAL RESOLUCION #194

Matriz: Panamericana Norte 13135 y Cerezos

RUC:1790155102001

Sucursal: Maldonado y Cusubamba

PROFORMA #003-002-0033911

Fecha: Quito, Miércoles, 12/Jun/2013  
Almacén: SUC. SUR  
Vendedor: JATHE GOMEZ  
Cliente: BAVILANES CARRASCO FRANCISCO (QUITO)  
R.U.C. : 1712261773001  
Direcc.: TOLA BAJA  
Teléf.: 2512-612

Cantidad Artículo V. Unitario V. Total

1.00	PERNO HEX MM RG DIN 933-931 GR.8.8 NEGRO 12X1.75X25		
	363100	0.17	0.17
1.00	PERNO HEX MM RG DIN 933-931 GR.8.8 NEGRO 10X1.50X20		
	360600	0.12	0.12
1.00	PERNO HEX MM RG DIN 933-931 GR.8.8 NEGRO 10X1.50X16		
	360500	0.13	0.13
1.00	ARANDELA PLANA SAE (TIPO EUROPEO) 1/2"		
	801950	0.04	0.04
1.00	ARANDELA PLANA SAE (TIPO EUROPEO) 3/8"		
	801750	0.02	0.02
1.00	SEGURO EXTERIOR DIN 471 MM 18		
	468300	0.27	0.27
1.00	SEGURO EXTERIOR DIN 471 MM 10		
	467700	0.10	0.10

Subtotal	(=)	0.85
*Dcto.* 10.7143%	(-)	0.09
Imponible	(=)	0.76
I.V.A. 12.00%	(+)	0.09

**TOTAL US\$ 0.85**

\*El dscto. se aplicó de acuerdo al monto

Distribuidor exclusivo de Herramienta

**IRIMO**

Grupo SnapOn

Esta proforma tiene validez de 15 días

ANEXO 5  
Costo de naviera



APR, INC. DBA EXPRESITO CARGA	ORIG/REV ORIG	PAGE 60-C
	CANCELS	CORRECTION No.
	EFFECTIVE DATE : 04/29/2009	
Between : U.S. Ports and Points and Worldwide Ports and Points		
Rule Number : 40-0 : COMMODITY RATES		
Commodity :	Cargo N.O.S.	
Origin :	España - CE	
Destination :	Guayaquil, Ecuador	
Container Size :	20'	40' HC LCL
Rate :	\$2,500.00	\$3,400.00
Service :	P/P	P/P

ANEXO 6

Costos de procesos FRAMADE

## COSTOS DE PROCESOS

### FRAMADE.

PROCESO	COSTO [USD/hora]
Torneado	6
Cortado (sierra automática)	4
Cortado (sierra manual)	3
Soldadura	6
Medición	2
Amolado	3
Cizallado	1.50
Esmerilado	3
Pintura	3
Taladrado (taladro pedestal)	4
Taladrado (taladro manual)	2
Machuelado	3
Doblado	2

Atentamente:

.....

Ing. Mecánico

Carlos Criollo O.



ANEXO 7  
Costo de Ingeniería

## COSTO DE INGENIERÍA

Mediante la presente, Yo Alexander Paucar con CI. 171328360-2, presento a usted/s gerente de la empresa JYXCEM CIA. LTDA, el costo de Ingeniería del equipo.

**Costo mensual 850 USD**

**Costo/ hora 5.31 USD**

Atentamente.

.....

Ingeniero Mecánico

Alexander Paucar.

ANEXO 8

Arancel nacional de importaciones

Código	Designación de la Mercancía	UF	Tarifa Arancelaria	OBSERVACIONES
8427.10.00	- Carretillas autopropulsadas con motor eléctrico	u	0	
8427.20.00	- Las demás carretillas autopropulsadas	u	0	
8427.90.00	- Las demás carretillas	u	0	
<b>84.28</b>	<b>Las demás máquinas y aparatos de elevación, carga, descarga o manipulación (por ejemplo: ascensores, escaleras mecánicas, transportadores, teleféricos).</b>			
8428.10	- Ascensores y montacargas:			
8428.10.10	- - Ascensores sin cabina ni contrapeso	u	10	
8428.10.90	- - Los demás	u	15	
8428.20.00	- Aparatos elevadores o transportadores, neumáticos	u	10	
	- Los demás aparatos elevadores o transportadores, de acción continua, para mercancías:			
8428.31.00	- - Especialmente concebidos para el interior de minas u otros trabajos subterráneos	u	10	0% solamente para Winches con motor y componentes para manejo de cargas superior a 2Kw y capacidad superior a 2 ton.
8428.32.00	- - Los demás, de cangilones	u	10	
8428.33.00	- - Los demás, de banda o correa	u	10	
8428.39.00	- - Los demás	u	15	
8428.40.00	- Escaleras mecánicas y pasillos móviles	u	0	
8428.60.00	- Teleféricos (incluidos las telesillas y los telesquís); mecanismos de tracción para funiculares	u	0	
8428.90	- Las demás máquinas y aparatos:			
8428.90.10	- - Empujadores de vagonetas de minas, carros transbordadores, basculadores y volteadores, de vagones, de vagonetas, etc. e instalaciones similares para la manipulación de material móvil sobre carriles (rieles)	u	0	

ANEXO 9  
Tablas de costos

TABLA 3.1 COSTOS DE MATERIALES DE LA ESTRUCTURA METÁLICA  
3.1.1 PERFILERÍA

N.-	DENOMINACIÓN	CÓDIGO	CANT. UNID.	DESCRIPCIÓN	DIM. BRUTAS (mm.)	CANT. DE MAT. POR PIEZA (kg.)	VALOR		
							UNIT	TOTAL	
1	Base metálica (elemento 1)	10.610.794.01.10.02	2	u	Acero ASTM A 36	Tubo □ (60x60x3), L = 1880	10,63	1,23	26,14
2	Base metálica (elemento 2)	10.610.794.01.10.02	1	u	Acero ASTM A 36	Tubo □ (60x60x3), L = 680	3,84	1,23	4,73
3	Tramo de columna	10.610.794.01.10.03	1	u	Acero ASTM A 36	Perfil G (300x50x25x4), L = 200	4,24	1,31	5,55
4	Cavidad para estabilizadores	10.610.794.01.10.01.02	1	u	Acero ASTM A 36	Platina (38x4), L=81	0,08	1,80	0,14
5	Cavidad para estabilizadores	10.610.794.01.10.01.03	1	u	Acero ASTM A 36	Platina (30x4), L=66,5	0,06	1,80	0,11
6	Cavidad para estabilizadores	10.610.794.01.10.01.01	1	u	Acero ASTM A 36	Platina (30x4), L=73,75	0,07	1,80	0,13
7	Columna fija	10.610.794.01.06	1	u	Acero ASTM A 36	Perfil G (200x50x25x4), L = 2000	28,26	1,31	37,02
8	Ángulo guía de columnas	10.610.794.01.04	4	u	Acero ASTM A 36	Angulo (25x25x3), L=2000	2,36	1,31	12,34
9	Platina guía de columna	10.610.794.01.03	1	u	Acero ASTM A 36	Platina (25x3), L=2000	1,18	1,80	2,12
10	Columna telescópica	10.610.794.01.05	2	u	Acero ASTM A 36	Perfil G (200x50x25x4), L = 2000	28,26	1,31	74,04
11	Ángulos guías de columna 2 - 3	10.610.794.01.04	4	u	Acero ASTM A 36	Angulo (25x25x3), L=2000	2,36	1,31	12,34
12	Platinas guías de columna 2 - 3	10.610.794.01.03	2	u	Acero ASTM A 36	Platina (25x3), L=2000	1,18	1,80	4,24
13	Tubo soporte 1	10.610.794.01.16.01	2	u	Acero ASTM A 36	Tubo □ (60x60x3), L = 93	0,53	1,31	1,38
14	Tubo soporte 2	10.610.794.01.16.02	2	u	Acero ASTM A 36	Tubo □ (30x30x2), L = 671	1,26	1,31	3,31
15	Horquilla elemento 1	10.610.794.01.14.04	2	u	Acero ASTM A 36	Tubo □ (60x60x3), L = 720	4,07	1,23	10,01
16	Horquilla elemento 2	10.610.794.01.14.04	1	u	Acero ASTM A 36	Tubo □ (60x60x3), L = 550	3,11	1,23	3,82
17	Tramo telescópico	10.610.794.01.14.01	1	u	Acero ASTM A 36	Perfil G (300x50x25x4), L = 300	4,24	1,31	5,55
18	Placa horquilla	10.610.794.01.14.02	1	u	Acero A 36	Placa (300x200x4)	6,59	0,56	3,71
19	Cerramiento de canastilla	10.610.794.01.12.01	1	u	Acero ASTM A 36	Tubo □ (70x70x2), L = 2270	9,98	1,31	13,07
20	Base de canastilla	10.610.794.01.12.02	1	u	Acero ASTM A 36	Tubo □ (20x20x2), L = 6400	8,04	2,50	20,10
21	Plancha de acero antideslizante	10.610.794.01.12.03	1	u	Acero ASTM A 36	Plancha antideslizante (670x515x3)	8,13	1,31	10,64
22	Placa de acero 3 - 4	10.610.794.01.30	4	u	Acero A 36	Platina (25x4), L=28	0,02	2,50	0,22
<b>Subtotal</b>									250,72

Volumen	CÁLCULO DE VOLUMEN			
	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)	
1353600	1880	240	3	Tubo cuadrado
489600	680	240	3	Tubo cuadrado
540000	300	450	4	Perfil G
9720	81	30	4	Platina
7980	66,5	30	4	Platina
8850	73,75	30	4	Platina
3600000	2000	450	4	Perfil G
300000	2000	50	3	Angulo
150000	2000	25	3	Platina
3600000	2000	450	4	Perfil G
300000	2000	50	3	Angulo
150000	2000	25	3	Platina
66960	93	240	3	Tubo cuadrado
161040	671	120	2	Tubo cuadrado
518400	720	240	3	Tubo cuadrado
396000	550	240	3	Tubo cuadrado
540000	300	450	4	Perfil G
840000	1400	200	3	Compuerta
1271200	2270	280	2	Tubo cuadrado
1024000	6400	80	2	Tubo cuadrado
1035150	670	515	3	Plancha antideslizante
2800	28	25	4	Platina

3.1.2 ELEMENTOS CIRCULARES

Nº	DENOMINACIÓN	CÓDIGO	CANT. UNID.	DESCRIPCIÓN	DIM. BRUTAS (mm.)	CANT. DE MAT. POR PIEZA (kg.)	VALOR		
							UNIT	TOTAL	
1	Manija de transporte	10.610.794.01.11	2	u	Acero A36	Varilla Ø (12,7), L=40	0,04	2,85	0,23
<b>Subtotal</b>									0,23

Volumen	Cálculo de volumen			
	π	radio ^2(mm)	Largo (mm)	
5067,08664	3,1416	40,3225	40	Varilla Ø

Nº	DENOMINACIÓN	CÓDIGO	CANT. UNID.	DESCRIPCIÓN	DIM. BRUTAS (mm.)	CANT. DE MAT. POR PIEZA (kg.)	VALOR		
							UNIT	TOTAL	
1	Barra tensora	10.610.794.01.13	2	u	Acero ASTM A 36	Tubo Ø (12,7 x 0,1), L=1085,5	0,34	2,85	1,94
<b>Subtotal</b>									1,94

Volumen	Cálculo de volumen			
	e	2 x π x r	Largo (mm)	
43309,6264	1	39,89832	1085,5	Tubo Ø

Elaborado por: Autores

VALOR TOTAL SIN IVA	250,94
12 % IVA	30,11
VALOR TOTAL CON IVA	281,06

**TABLA 3.2 TIEMPO DE CONSTRUCCION DE ESTRUCTURA METALICA**

No	DENOMINACIÓN	CÓDIGO	CANT. PIEZAS	OPERACIÓN E/A/P (min)	CORTADORA min	COMPRESOR min	SUELDA ELECT. (min)	MONTAJE min	TALADRO (min)
1	Base metálica (elemento1)	10.610.794.01.10.02	2	16	11	7	15	25	24
2	Base metálica (elemento2)	10.610.794.01.10.0.2	1	5	N / A	3	10	25	N/A
3	Tramo de columna	10.610.794.01.10.03	1	7	10	N / A	N / A	10	35
4	Placa cavidad 1	10.610.794.01.10.01.01	2	3	6	1	8	10	10
5	Placa cavidad 2	10.610.794.01.10.01.02	2	3	6	1	8	10	N/A
6	Placa cavidad 3	10.610.794.01.10.01.03	2	3	6	1	8	10	N/A
7	Columna fija	10.610.794.01.06	1	15	9	15	25	10	30
8	Ángulo guía de columnas	10.610.794.01.04	8	10	10	5	25	25	N/A
9	Platina guía de columnas	10.610.794.01.03	4	8	5	5	15	15	N/A
10	Columna telescópica	10.610.794.01.05	2	15	15	15	N / A	90	20
11	Ángulo sujetador de ejes roda	10.610.794.01.05.03	12	8	5	15	25	240	96
12	Ángulo horquilla	10.610.794.01.14.03	2	5	4	3	6	20	16
13	Tubo soporte 1	10.610.794.01.16.01	2	5	6	2	10	10	12
14	Tubo soporte 2	10.610.794.01.16.02	2	5	6	2	10	10	12
15	Horquilla elemento 1	10.610.794.01.14.04	2	8	6	3	15	15	16
16	Horquilla elemento 2	10.610.794.01.14.04	1	3	4	2	6	15	N/A
17	Tramo telescópico	10.610.794.01.14.01	1	6	5	4	15	23	4
18	Placa horquilla	10.610.794.01.14.02	1	3	11	3	6	9	N/A
19	Base de canastilla	10.610.794.01.12.02	1	8	6	8	15	55	4
20	Cerramiento de canastilla	10.610.794.01.12.01	1	15	45	20	65	60	N/A
21	Plancha de acero antideslizante	10.610.794.01.12.03	1	12	25	10	15	58	2
22	Placa de acero 3 - 4	10.610.794.01.30	4	5	15	1	8	17	12
23	Manija de transporte	10.610.794.01.11	2	6	10	1	15	10	N/A
24	Barra tensora	10.610.794.01.13	2	6	8	1	N / A	10	8

TOTAL	OPERACIÓN	CORTADORA	COMPRESOR	SUELDA	MONTAJE	TALADRO
	(min)	(min)	(min)	ELECT. (min)	(min)	(min)
	180	234	128	325	782	293

Simbología

<b>E</b>	Esmerilado
<b>A</b>	Aserrado
<b>P</b>	Pulido

Elaborado por: Autores

**TABLA 3.2.1 TIEMPO TALADRO**

Nº	DENOMINACIÓN	Tiempo min
1	Base metálica (elemnto 1)	12
2	Base metálica (elemnto 2)	N / A
3	Tramo de columna	35
4	Placa cavidad 1	5
5	Placa cavidad 2	N / A
6	Placa cavidad 3	N / A
7	Columna fija	30
8	Ángulo guía de columnas	N / A
9	Platina guía de columnas	N / A
10	Columna telescópica	10
11	Ángulo sujetador de ejes de rodamientos	4
12	Ángulo horquilla	4
13	Tubo soporte 1	6
14	Tubo soporte 2	6
15	Horquilla elemento 1	8
16	Horquilla elemento 2	N / A
17	Tramo telescópico	4
18	Placa horquilla	N / A
19	Base de canastilla	4
20	Cerramiento de canastilla	N / A
21	Plancha de acero antideslizante	2
22	Placa de acero 3 - 4	3
23	Manija de transporte	2
24	Barra tensora	4

Elaborado por: Autores

**TABLA 3.3 COSTOS DE MATERIALES DE MECANISMO DE DESLIZAMIENTO**

**3.3.1 PERFILES**

Nº	DENOMINACIÓN	CÓDIGO	CANT.	UNID.	DESCRIPCIÓN	DIM. BRUTAS (mm.)	CANT. DE MAT. POR PIEZA (kg.)	VALOR	
								UNIT	TOTAL
1	Ángulos sujetadores de rodamientos	10.610.794.01.05.03	14	u	Acero ASTM A 36	Angulo (50x50x4), L=300	0,94	1,75	23,08
<b>Subtotal</b>									23,08

**3.3.2 EJES**

Nº	DENOMINACIÓN	CÓDIGO	CANT.	UNID.	DESCRIPCIÓN	DIM. BRUTAS (mm.)	CANT. DE MAT. POR PIEZA (kg.)	VALOR	
								UNIT	TOTAL
1	Eje sujetador roscado deslizamiento	10.610.794.01.17	28	u	Acero SAE 1018	Ø 25,4 x 45	0,18	4,05	20,30
<b>Subtotal</b>									20,30

Elaborado por: Autores

VALOR TOTAL SIN IVA	43,38
12 % IVA	5,21
VALOR TOTAL CON IVA	48,58

Volumen	Cálculo del volumen		
120000	300	100	4

Angulo

Volumen	Cálculo de volumen		
22801,89	$\pi$	radio <sup>2</sup>	Longitud
	3,1416	161,29	45



**TABLA 3.4 TIEMPO DE CONSTRUCCION DE MECANISMO DE DESLIZAMIENTO**

No	DENOMINACIÓN	CÓDIGO	CANT. PIEZAS	OPERACIÓN E/A/P (min)	CORTADORA min	COMPRESOR min	SUELDA ELECT. (min)	MONTAJE min	TORNO (min)	TALADRO (min)
1	Ángulo sujetador de ejes para rodami	10.610.794.01.05.03	14	8	4	3	10	15	N/A	56
2	Eje sujetador roscado deslizamiento	10.610.794.01.09	28	4	3	0,5	N / A	3	197.92	

TOTAL	OPERACIÓN	CORTADORA	COMPRESOR	SUELDA	MONTAJE	TORNO	TALADRO
	(min)	(min)	(min)	ELECT. (min)	(min)	(min)	(min)
	12	7	3,5	10	18	197,64	56

Simbología

<b>E</b>	Esmaltado
<b>A</b>	Aserrado
<b>P</b>	Palido

Elaborado por: Autores

**TABLA 3.4.1 TIEMPO TORNO**

Nº	DENOMINACIÓN	Diámetro mm	# REV. rev/min	Longitud mm	Num. Pasadas	Total min.
2	Eje sujetador roscado deslizamiento	25	381,97	45	12	7,07

Elaborado por: Autores

**TABLA 3.4.2 TIEMPO TALADRO**

Nº	DENOMINACIÓN	Tiempo min
1	Ángulo sujetador de ejes	4

Elaborado por: Autores

**TABLA 3.5 COSTOS DE MATERIALES DE MECANISMO DE ELEVACIÓN**

**3.5.1 PLACAS DE ACERO**

N°	DENOMINACIÓN	CÓDIGO	CANT.	UNID.	DESCRIPCIÓN	DIM. BRUTAS (mm.)	CANT. DE MAT. POR PIEZA (kg.)	VALOR	
								UNIT	TOTAL
1	Placa de acero 1	10.610.74.01.05.02	6	u	Acero A-36.	36x30x4	0.03	2,30	0,35
Subtotal								0,35	

**3.5.2 EJES**

N°	DENOMINACIÓN	CÓDIGO	CANT.	UNID.	DESCRIPCIÓN	DIM. BRUTAS (mm.)	CANT. DE MAT. POR PIEZA (kg.)	VALOR	
								UNIT	TOTAL
1	Eje sujetador roscado elevación	10.610.794.01.02	3	u	Acero SAE 1018	Ø19,03 x 45	0,10	4,40	1,33
2	Eje de cilindro	10.610.794.01.08	3	u	Acero SAE 1018	Ø25,4 x 75	0,30	4,40	3,94
3	Cilindro	10.610.794.01.07	3	u	Acero SAE 1018	Ø 50,8 x 65	1,03	16,20	50,26
4	Polea	10.610.794.01.01	2	u	Acero SAE 1021	Ø 114,3 x 18	1,29	32,00	82,48
Subtotal								138,01	

Elaborado por: Autores

<b>VALOR TOTAL SIN IVA</b>	138,36
<b>12% IVA</b>	16,60
<b>VALOR TOTAL CON IVA</b>	154,96

CALCULO VOLUMEN			
	LARGO	ANCHO	ESPESOR
3240	36	30	3

CALCULO VOLUMEN			
	$\pi$	Radio ^ 2 (mm.)	LARGO (mm.)
12799,1458	3,1416	90,535225	45
38003,1498	3,1416	161,29	75
131744,253	3,1416	645,16	65
164173,607	3,1416	3266,1225	16

**TABLA 3.6 TIEMPOS DE UTILIZACIÓN DE MAQUINARIA PARA CONSTRUCCIÓN DE MECANISMO DE ELEVACIÓN**

Nº	DENOMINACIÓN	CÓDIGO	CANT.	TORNO (min)	TALADRO (min)	CORTADORA (min)	OPERACIÓN E/A/P (min)	COMPRESOR min	MONTAJE (min)
1	Placa de acero 1	10.610.74.01.05.02	6	N / A	36,00	48	30	25	60
2	Eje sujetador roscado elevación	10.610.794.01.09	3	10,76	N / A	N / A	N / A	N / A	30
3	Eje de cilindro	10.610.794.01.08	3	35,91	N / A	N / A	N / A	N / A	30
4	Cilindro	10.610.794.01.07	3	57,05	N / A	N / A	N / A	N / A	75
5	Polea	10.610.794.01.01	2	56,02	N / A	N / A	N / A	N / A	45

<b>TOTAL</b>	TORNO	TALADRO	CORTADORA	OPERACIÓN	COMPRESOR	MONTAJE
	(min)	(min)	(min)	E/A/P (min)	(min)	(min)
	159,74	36	48	30	25	240

Simbología

<b>E</b>	Esmerilado
<b>A</b>	Aserrado
<b>P</b>	Pulido

Elaborado por: Autores

**TABLA 3.6.1 TIEMPO DE TORNO****TAI**

<b>SOLDADURA</b>
ELECT.(min)
60,00
N/A
N/A
N/A
N/A

Nº	DENOMINACIÓN	Diámetro mm	# REV. rev/min	Longitud mm	Num. Pasadas	Total min.	Nº
1	Placa de acero para cilindro	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1
2	Eje sujetador roscado elevación	19,03	501,80	45	8	3,59	2
3	Eje de cilindro	25,40	375,96	75	12	11,97	3
4	Cilindro	50,80	187,98	65	11	19,02	4
5	Polea	114,30	83,55	18	26	28,01	5

<b>SUELDA</b>
ELECT(min)
60,00

Elaborado por: Autores

### **BLA 3.6.2 TIEMPO DE TALADRO**

<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>Tiempo min</b>
Placa de acero para cilindro	6
Eje sujetador roscado elevación	N / A
Eje de cilindro	N / A
Cilindro	N / A
Polea	N / A

Elaborado por: Autores

**TABLA 3.7 COSTOS DE MANO DE OBRA Y MAQUINARIA**

<b>MAQUINARIA</b>	<b>TIEMPO DE UTILIZACIÓN (min)</b>	<b>COST. OPERACIÓN Corte/golpe (USD)</b>	<b>COSTO HORA MÁQUINA (USD)</b>	<b>COSTO HORA MANO DE OBRA (USD)</b>	<b>TOTAL (USD)</b>
TORNO	357,39	0	6	2,90	52,95
TALADRO	385,00	0	4	2,90	44,28
SOLDADURA	395,00	0	6	2,90	58,59
COMPRESOR	156,50	0	4	2,90	18,00
MONTAJE	1040,00	0	0	2,90	50,27
OPERACIÓN	222,00	0	4	2,90	25,53
CORTADORA	289,00	10	0	2,90	62,14
<b>TOTAL</b>					<b>311,75</b>

35,70	17,25
25,67	18,61
39,50	19,09
10,43	7,56
0,00	50,27
14,80	10,73
48,17	13,97

Elaborado por: Autores

**TABLA 3.8 COSTOS DE INSUMOS**

Nº	ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	UNID.	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL	REFERENCIA
1	N/A	Rodamientos Rígidos de bolas 16004	28	u	10,00	280,00	ANEXO 4. RODASUR
2	N/A	Arandelas planas para perno M12	39	U	0,04	1,56	ANEXO 4. CASTILLO HNOS.
3	N/A	Tuercas regulares M12 x 1.75	39	u	0,25	9,75	ANEXO 4. CASTILLO HNOS.
4	N/A	Anillos de Seguridad Ø 18	34	u	0,27	9,18	ANEXO 4. CASTILLO HNOS.
5	N/A	Cable de acero Ø 1/4 "	13	m	0,51	6,63	ANEXO 4. PERNOS MR.
6	N/A	Pernos M10 x 1.75x 16	6	u	0,13	0,78	ANEXO 4. CASTILLO HNOS.
7	N/A	Rodamientos Rígidos de bolas 6301	2	u	6,00	12,00	ANEXO 4. RODASUR
8	N/A	Anillos de Seguridad Ø 10	3	u	0,10	0,30	ANEXO 4. CASTILLO HNOS.
9	N/A	Rodamientos Rígidos de bolas 6004	6	u	5,00	30,00	ANEXO 4. RODASUR
10	N/A	Cabrestante 1600 lb.	1	u	50,00	50,00	ANEXO 4. PERNOS MR.
11	N/A	Pernos M10 x 1.75 x 20	3	u	0,12	0,36	ANEXO 4. CASTILLO HNOS.
12	N/A	Arandelas planas para perno M10	3	u	0,02	0,06	ANEXO 4. CASTILLO HNOS.
13	N/A	Tuercas Regulares M10 x 1.75	3	u	0,22	0,66	ANEXO 4. CASTILLO HNOS.
14	N/A	Pernos M12 x 1.75 x 25	8	u	0,17	1,36	ANEXO 4. CASTILLO HNOS.
15	N/A	Pernos M8 x 1.75 x 20	4	u	0,12	0,48	ANEXO 4. CASTILLO HNOS.
16	N/A	Arandelas planas para perno M8	4	u	0,02	0,08	ANEXO 4. CASTILLO HNOS.
17	N/A	Tuercas regulares M8 x 1.75	4	u	0,18	0,72	ANEXO 4. CASTILLO HNOS.
18	N/A	Pernos M8 x 1.75 x 15	24	u	0,10	2,40	ANEXO 4. CASTILLO HNOS.
19	N/A	Ruedas de transporte (garruchas fijas)	2	u	6,75	13,50	ANEXO 4. PERNOS MR.
20	N/A	Ruedas de transporte (garruchas giratorias)	4	u	8,56	34,24	ANEXO 4. PERNOS MR.
21	N/A	Electrodos 6011 - 1/8 (kg)	4	k	3,70	14,80	ANEXO 4. MUNDO METALES

<b>VALOR TOTAL SIN IVA:</b>	468,86
<b>12% IVA:</b>	56,2632
<b>VALOR TOTAL CON IVA:</b>	525,12

Elaborado por: Autores

### CUADRO 3.9 COSTO TOTAL DEL EQUIPO

COSTOS PARCIALES DE MATERIALES	COSTO PARCIAL
Costos de materiales de deslizamiento	43,38
Costos de materiales de estructura	250,94
Costos de materiales de elevación	138,36
SUBTOTAL	432,68

COSTOS PARCIALES DE MECANIZADO	SUBTOTALES
Costos de tiempo de mecanizado de torno	52,95
Costos de tiempo de mecanizado de taladro	44,28
Costos de tiempo de mecanizado de cizalla	62,14
Costos de tiempo de soldadora eléctrica	58,59
Costos de operación (aserrado, esmerilado, pulido)	25,53
SUBTOTAL	243,48

COSTOS PARCIALES DE ACABADOS	SUBTOTALES
Costos de tiempo de compresor	18,00
Costos de tiempos de montaje	50,27
SUBTOTAL	68,27

COSTOS PARCIALES DE INSUMOS	SUBTOTALES
Costos de insumos de estructura, sistema elevación, sistema deslizamiento	468,86
SUBTOTAL	468,86

SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS 1.213,30

COSTOS INDIRECTOS	SUBTOTALES
COSTO DE INGENIERÍA	955,80
COSTOS DE IMPREVISTOS 3% DEL SUBTOTAL DE LOS C. DIRECTOS	36,40
UTILIDAD 25 %	303,32
SUBTOTAL COSTOS INDIRECTOS	1.295,52

COSTO TOTAL 2.508,82

Elaborado por: Autores



## ANEXO 10

Manual de operación y mantenimiento del elevador vertical manual tipo apilador

## MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL ELEVADOR VERTICAL MANUAL TIPO APILADOR.



### ¡ADVERTENCIA!

Antes de operar el elevador asegúrese de leer y comprender este manual de usuario. Debe familiarizarse con los peligros potenciales relacionados con el uso de esta unidad.

## RESPONSABILIDADES DEL USUARIO

A lo largo de este documento se utilizan las palabras **ADVERTENCIA**, **PRECAUCIÓN** e **IMPORTANTE** para indicar al usuario instrucciones especiales relacionadas con alguna operación específica que puede ser peligrosa si se realiza en forma incorrecta o sin precaución.



**ADVERTENCIA**

Peligros o prácticas inseguras que podrían ocasionar daños personales severos incluso la muerte.



**PRECAUCIÓN**

Peligros o prácticas inseguras que podrían ocasionar daños personales menores, o daños a la propiedad o a la máquina.



**IMPORTANTE**

Indica información o instrucciones necesarias para una operación y mantenimiento adecuados.

## INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD PARA EL OPERADOR



### IMPORTANTE

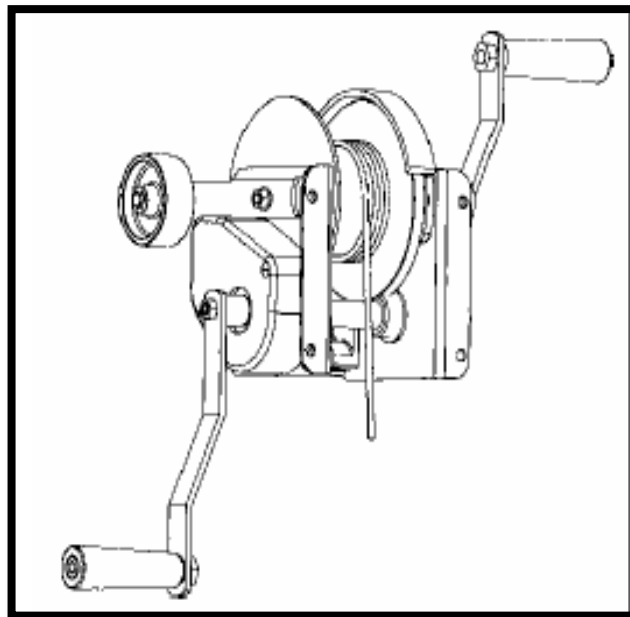
Asegúrese de leer y comprender este manual antes de operar este montacargas o de realizar cualquier tipo de mantenimiento.

### 1. INSPECCIONE EL EQUIPO

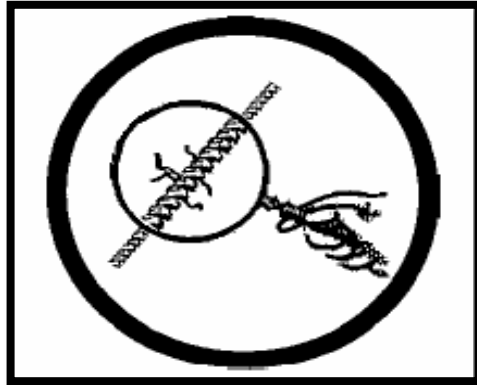
Cada vez que se utilice la unidad, revisar previamente todas las partes móviles y el cable de acero para comprobar que se encuentren en condiciones de operación apropiadas.

Si algún mecanismo presenta daños visibles o no se desplaza uniformemente hacia arriba y hacia abajo durante la inspección, no utilice la unidad.

El cable de acero, debe tener un mínimo de cuatro vueltas alrededor del carrete del cabrestante.



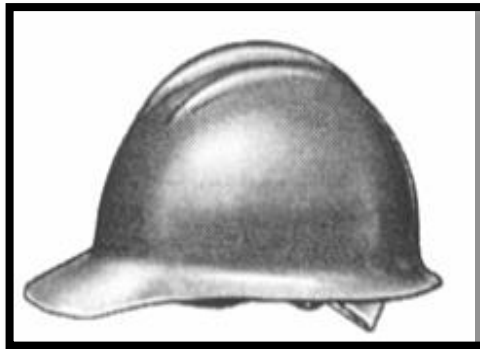
Si el cable está retorcido, desgastado, raído, dañado o contiene algo que obstruya su rotación alrededor de las poleas, **¡no utilice la unidad!**



Utilice sólo piezas de repuesto de las mismas características que las originales.

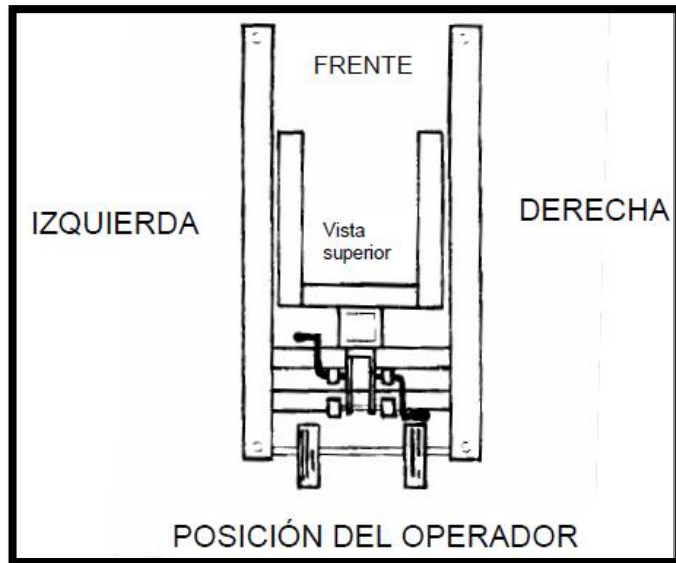
Asegurar la disponibilidad del instructivo.

Utilizar ropa adecuada. Deben utilizarse casco, zapatos de seguridad y guantes como precaución al operar este elevador.



Evitar jugar alrededor del equipo y mantenga a los observadores a una distancia segura. No permita que los niños operen esta unidad y manténgalos siempre alejados de las áreas de trabajo.

Operar este montacargas desde la posición apropiada. Mantener el balance y una posición de pie apropiada en todo momento.



No se debe dar un mal uso a la unidad. Sólo realice las funciones para las cuales está diseñada. Nunca trate de operar este equipo con una capacidad mayor a la recomendada.



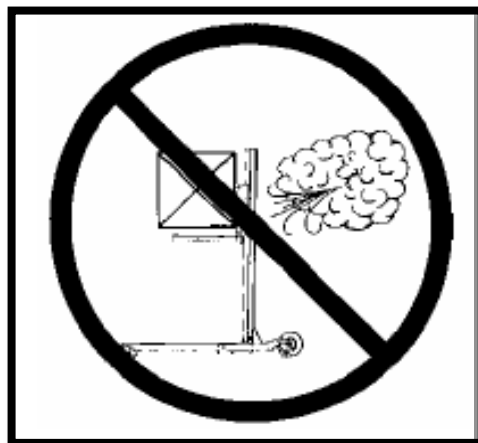
Asegurar la canastilla para evitar que se mueva en las horquillas, colocando el pasador de seguridad antes de levantar la carga.

Bloquee los frenos de las ruedas cuando deje sola la unidad.

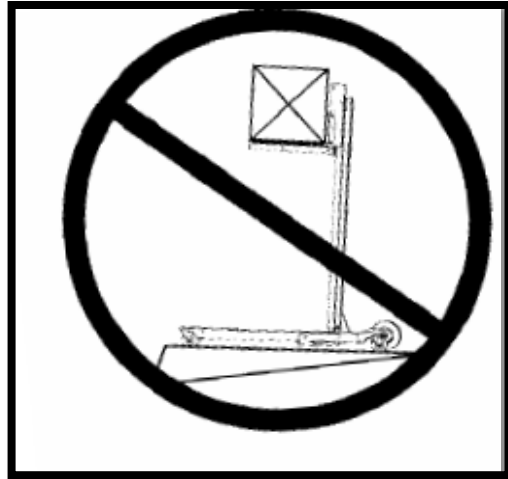


## 2. PELIGROS EN EL ÁREA DE TRABAJO

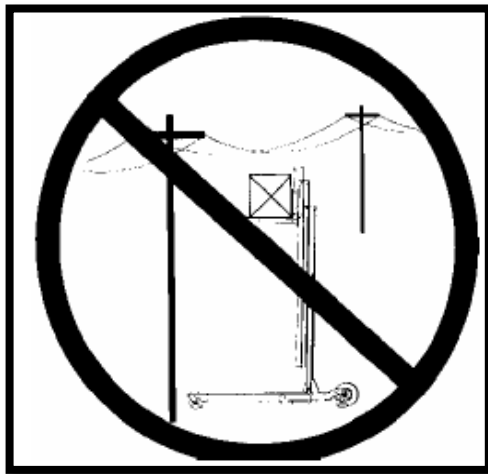
Nunca operar la unidad en condiciones de viento fuerte. Levantar cargas pesadas cuando hay mucho viento puede ocasionar que la carga se voltee con el riesgo de que el operador se lastime.



Operar el montacargas sólo en superficies niveladas. Utilice la unidad en superficies lisas y niveladas para evitar que la unidad se voltee y que el operador salga lastimado.

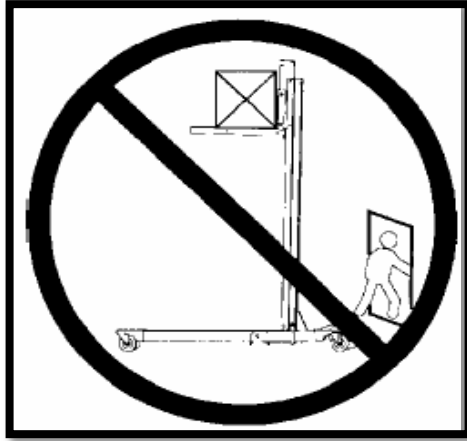


Estar siempre pendiente para evitar obstrucciones aéreas cuando utilice o mueva la unidad desde y hacia el área de trabajo.



Mantener el área de trabajo limpia. Debe mantener el área limpia y libre de obstrucciones en todo momento par que la unidad pueda moverse sin problemas. Nunca deje sola la carga cuando esté elevada.

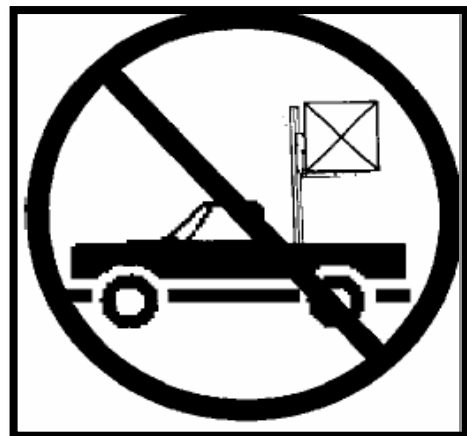




No utilizar la unidad en exteriores cuando haya truenos, rayos o clima adverso.



Cuando la unidad esté levantando una carga, ésta puede transportarse sólo en las ruedas orientables de la base de la unidad. No operar el elevador desde una plataforma inestable tal como la caja de un camión.



## PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN

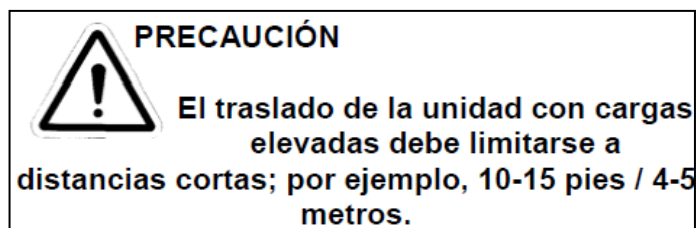
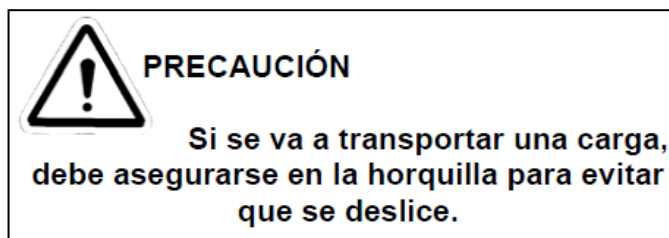
### 1. Cómo trasladar el elevador al área de trabajo (sin carga)

El montacargas se traslada generalmente al sitio de trabajo por medio de sus ruedas orientables situados en la base de la máquina y manijas de transporte **Nota: No hale el elevador del cable de izaje.**



### 2. Cómo mover el montacargas en el área de trabajo (con carga)

Aunque es mejor trasladar la unidad al sitio de trabajo descargada, pueden transportarse cargas ligeras siempre y cuando la unidad se deslice sobre sus cuatro ruedas orientables y se encuentre en una superficie nivelada. Coloque siempre la carga en la posición más baja posible antes de mover la unidad.



En caso de ser necesario mover la unidad con una carga elevada:

- Asegúrese de que el área esté libre de obstrucción.
- Mantenga al personal alejado de la carga y colocado detrás del operador.
- Mueva la unidad lentamente, evitando arranques y paradas bruscas.
- Asegure de que la carga esté sujeta y balanceada en forma adecuada.

### **3. Cómo levantar y bajar cargas.**



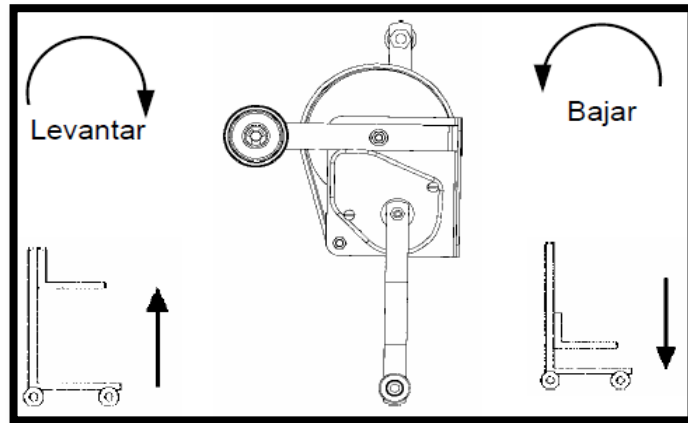
Utilice al guinche para bajar o subir las horquillas hasta la posición deseada. Luego empuje las manivelas del guinche hacia arriba aproximadamente 1/4 de vuelta para ajustar el freno de seguridad.

Cualquier carga inestable debe balancearse y sujetarse a las horquillas antes de levantarla.

Gire la manivela del guinche en sentido de las manecillas del reloj para elevar la carga, vigilando que no haya obstrucciones aéreas.

Después de quitar la carga de las horquillas, baje los mástiles girados la manivela del quinche en sentido contrario a las manecillas del reloj.

Bloquear los frenos de las ruedas cuando deje sola la unidad.

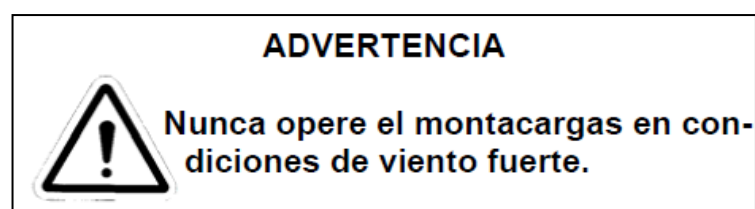


#### 4. Cómo utilizar las patas estabilizadoras

Se recomienda el uso de las patas estabilizadoras cuando se levanten cargas de 150 Kg o más, y que se extiendan hasta alturas mayores de 2 metros, ó para cualquier carga pesada y grande.

Colocar el elevador en una superficie nivelada y coloque las patas estabilizadoras en el alojamiento sobre la base del elevador, posteriormente asegurar la junta colocando el pasador en cada alojamiento insertando el mismo verticalmente de arriba hacia abajo.

Verificar que la rueda de las patas estabilizadoras estén completamente en contacto con el piso.






### 5. Cómo utilizar la canastilla de protección personal

Para la protección del personal que vaya a realizar trabajos en alturas, es necesario instalar la canastilla de protección.

Colocar el elevador en una superficie nivelada y colocar las horquillas en su punto más bajo, insertar los alojamientos de la canastilla en los perfiles de la horquilla hasta que ingresen totalmente, posteriormente asegurar la junta colocando el pasador en el alojamiento insertando el mismo verticalmente de arriba hacia abajo.

**ADVERTENCIA**



**Nunca opere el montacargas en condiciones de viento fuerte.**





## **INSTRUCCIONES DE MANTENIMIENTO**

### **1. Antes de cada uso:**

1. Inspeccionar el cable para cerciorarse que no haya torceduras ni desgastes. En caso de haber torcedura o que estén rotos los hilos del cable (alambres más pequeños), no utilice el montacargas sino hasta que se haya reemplazado el cable.
2. Cerciórese de que el guinche opere sin obstrucción y que el cable no esté enredado en el carrete del guinche.
3. Revisar las horquillas, patas estabilizadoras y la base para asegurarse que no estén dobladas.
4. Asegúrese de que las ruedas orientables se muevan libremente.
5. Revisar las patas estabilizadoras bajándolas para colocarlas en la posición normal de operación para comprobar su mecanismo de enganche y levantándolas para comprobar que haya una transferencia continua.

### **2. Se recomienda una inspección cada 6 meses:**

1. Inspeccionar el cable para cerciorarse que no haya torceduras ni desgastes (vea el punto 1).

2. Asegúrese de que el guinche opere sin problemas y que no haya partes dañadas ni sueltas.

3. Inspección de los frenos: levantar en forma manual y sostener cada sección móvil del mástil y el carro un mínimo de 6" por encima de su posición más baja. Utilizar un bloque de madera con una cuerda amarrada al extremo inferior para poder estirar rápidamente la cuerda y quitar el soporte del bloque de madera de las secciones del mástil que se van a probar. Los frenos deben engancharse antes de que la sección del mástil llegue al tope inferior. Utilice el guinche para levantar las secciones del mástil y así liberar los frenos de seguridad.

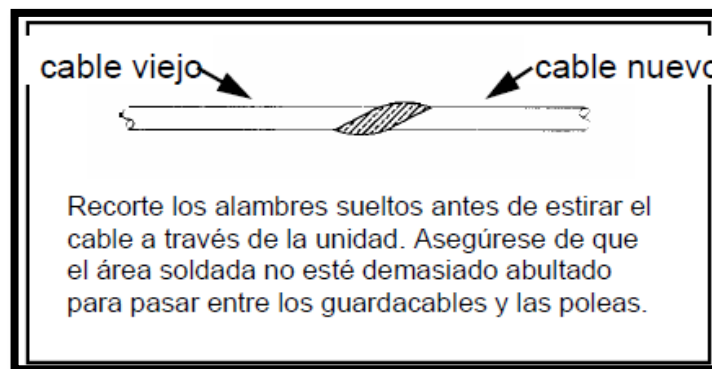
### **3. Mantenimiento del cabrestante**

1. Ver los diagramas del conjunto del cabrestante que se muestran en este manual del operador.
2. Asegúrese de que los pernos que sujetan al guinche estén todos ajustados.
3. Revisar el seguro del trinquete del freno para ver si hay desgaste. En caso de haber un desgaste visible, reemplace la pieza. De no ser así, lubrique los orificios en ambas piezas con aceite.
4. Inspeccionar los dientes del engranaje para ver si hay desgaste. Si no hay señales de desgaste, cepille los dientes con aceite.

### **4. Para reemplazar el cable**

1. Bajar la horquilla hasta su nivel inferior.
2. Colocar el elevador con las columnas en sentido horizontal.
3. Aflojar el grillete que sujeta el cable de acero, en la unión entre la columna y la horquilla.

4. Retirar el cable deslizando el mismo por las poleas ubicadas en el interior de los tramos de las columnas.
5. Retirar el cable del guinche aflojando el perno de sujeción ubicado al interior del guinche
6. Reemplazar el cable completamente. Longitud de cable 14 m.



7. Insertar el cable en el guinche sujetando el mismo con el perno destinado para el efecto.
8. Deslizar el cable por el rodillo y la polea del primer tramo, repetir el proceso en el segundo y tercer tramo.
9. Sujetar el cable en la polea ubicada tras la horquilla mediante un grillete que apriete los cables.
10. Enrollar firme y uniformemente el cable flojo a través guinche, verificando el recorrido por las poleas y rodillos.

## **5. Mantenimiento general.**

1. Revisar la manivela del guinche para ver que no haya desgaste ni dobladuras.



2. Inspeccionar los rodamientos de los rodillos montados en el mástil superior de cada columna verificando que no estén deteriorados y comprobar que giren uniformemente.
3. Examinar todos los pernos y tuercas para asegurarse de que estén apretados.
4. Las patas, horquillas, brazos y base deben estar libres de abolladuras y de daños.
5. Revisar las cubiertas de las poleas para ver que no haya daños (hendiduras) que puedan restringir la rotación de las poleas.
6. Asegúrese de que la línea de carga esté asentada en todas las poleas y de que las mismas giren sin problema.
7. Revisar todas las ruedas de rodillos para asegurarse de que giren libremente.
8. Inspeccionar los mástiles y el dispositivo que sostiene al carro en la posición baja.
9. Elevar las secciones de mástil para comprobar que haya una acción de deslizamiento uniforme y libre de obstrucciones. Asegúrese de que las guías deslizantes del cable estén libres de polvo y óxido, y rocíe una capa ligera de lubricante de silicón en las guías deslizantes.
10. Asegúrese de que las ruedas orientables y las ruedas de transportación giren libremente y estén libres de daños.
11. Inspeccionar el mecanismo de seguridad de las patas.
12. Revisar la operación del freno en cada una de las ruedas.

ANEXO 11  
Fotos del equipo construido

Foto (1) Elevador vertical manual tipo apilador



Foto (2) Elevador vertical manual tipo apilador desplegado totalmente sin carga

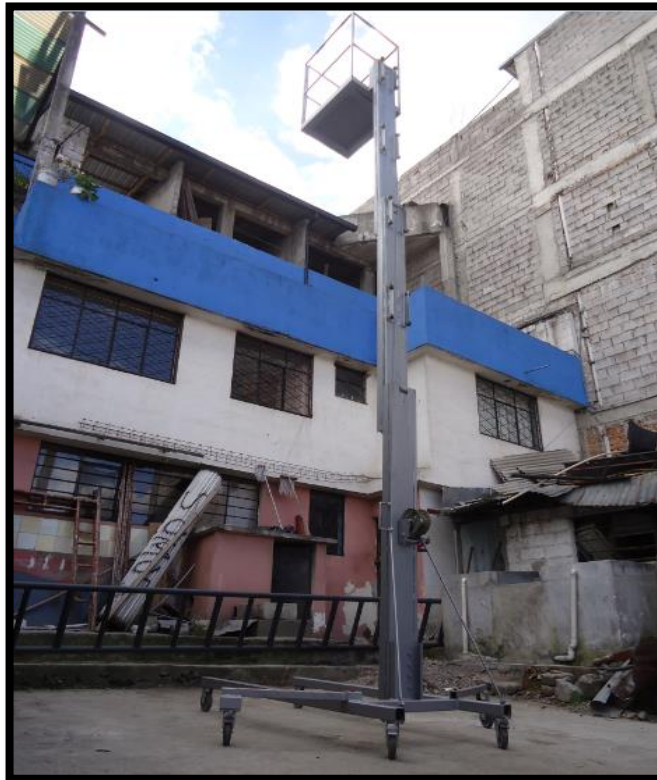


Foto (3) Elevador vertical manual tipo apilador en operación



Foto (4) Elevador vertical manual tipo apilador desplegado totalmente con carga



Foto (5) Elevador vertical manual tipo apilador al límite de carga



Foto (6) Elevador vertical manual tipo apilador desmontado los estabilizadores



## ANEXO 12

### Planos