

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS  
DE UN SISTEMA DE IZAJE EN UNA  
MINA SUBTERRANEA DE 1,200 TM /DIA**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECANICO**

**LEONID VICTOR LÓPEZ ARROYO**

**PROMOCION 2000-II**

**LIMA-PERU**

**2010**

A la memoria de Don Juan Arroyo Isla  
Porque tu sabiduría será siempre una inspiración

## TABLA DE CONTENIDOS

	Pág.
<b>1. Introducción</b>	
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Objetivo.....	3
1.3. Justificación.....	3
1.4. Alcances.....	3
1.5. Limitaciones.....	3
<b>2. Marco Teórico</b>	
2.1. Minería Subterránea.....	4
2.2. Pique o Pozo.....	4
2.3. Sistema de Izaje.....	5
<b>2.4. Principales Elementos del sistema de Izaje</b>	
2.4.1. Jaulas y Skips.....	5
2.4.2. Cables.....	5
2.4.3. Poleas.....	7
2.4.4. Castillo o Torre.....	7
2.4.5. Winche de Izaje.....	7
<b>3. Diseño y Selección de Elementos</b>	
3.1. Consideraciones de la Mina Subterránea.....	9
3.2. Consideraciones del Pique o Pozo.....	9
3.3. Consideraciones del Sistema de Izaje.....	11
3.4. Consideraciones generales para el diseño y selección.....	11
<b>3.5. Diseño de Jaulas y Skips</b>	
3.5.1. Consideraciones y parámetros de diseño de Jaulas.....	12
3.5.2. Diseño de Jaulas.....	15
3.5.3. Consideraciones y parámetros de diseño de Skips.....	19
3.5.4. Diseño de Skips.....	25
<b>3.6. Selección de Cables</b>	
3.6.1. Consideraciones y parámetros de Selección.....	35
3.6.2. Selección de los cables.....	35
<b>3.7. Selección de Poleas</b>	
3.7.1. Consideraciones y parámetros de Selección.....	37

3.7.2. Selección de las Poleas.....	37
3.8. Diseño del Castillo o Torre	
3.8.1. Consideraciones y parámetros de diseño.....	39
3.8.2. Diseño del Castillo o Torre.....	42
3.9. Selección del Winche de Izaje	
3.9.1. Consideraciones y parámetros de Selección.....	77
3.9.2. Selección del Winche de Izaje.....	82
4. Estructura de Costos	
4.1. Consideraciones generales de los Costos.....	84
4.2. Estructura de Costos - Jaulas.....	85
4.3. Estructura de Costos - Skips.....	86
4.4. Estructura de Costos - Castillo o Torre.....	87
4.5. Estructura de Costos - Winche de Izaje.....	88
4.6. Estructura de Costos - Cables y Poleas.....	88
Conclusiones.....	89
Recomendaciones.....	90
Bibliografía.....	91
Planos	
Apéndice	

## **PROLOGO**

En el presente informe se desarrollan métodos y procedimientos de cálculo, para el diseño y selección de los elementos de un sistema de izaje en una mina subterránea de 1,200 Tm/día de capacidad de extracción.

El primer capítulo describe el marco, los orígenes y la actualidad de los Sistemas de Izaje en la minería subterránea, plantea un objetivo, muestra la justificación, además deja saber los alcances y limitaciones del informe.

El segundo capítulo describe los principales elementos de un Sistema de Izaje, ubicándolos dentro de la minería subterránea.

En el tercer capítulo se desarrollan los métodos y procedimientos de cálculo, para el diseño y selección de los elementos del Sistema de Izaje, planteando previamente las consideraciones y parámetros de selección.

En el cuarto capítulo se desarrollan las estructuras de costos de los principales componentes del Sistema de Izaje, dejando saber antes las consideraciones respectivas.

A continuación, el informe muestra las conclusiones y recomendaciones del caso, la fuente bibliografía respectiva, para finalmente mostrar los planos de los principales componentes del Sistema de Izaje, además de la documentación complementaria debidamente referenciada en el desarrollo del presente informe.

Adicionalmente, es justo decir que este informe es producto de la experiencia obtenida trabajando junto a organizaciones como BM Ingenieros S.A.C., Rivera Diesel S.A., Concar S.A., Unimaq S.A., para las cuales el agradecimiento.

Agradecimientos también para el Ing. Enrique Sarmiento Sarmiento, por los aportes como asesor, a la Oficina de Grados y Títulos de la FIM, por la gestión del caso durante el desarrollo del presente informe.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2. MARCO TEORICO**

##### **2.1. Minería Subterránea**

Una mina es el conjunto de labores necesarias para explotar un yacimiento, también recibe el nombre de explotación minera.

Las minas pueden ser clasificadas teniendo en cuenta si las labores se desarrollan por encima o por debajo de la superficie, dividiéndolas respectivamente, en minas a cielo abierto y en minas subterráneas.

La minería subterránea o de socavón desarrolla su actividad por debajo de la superficie a través de labores subterráneas.

Las labores características de este sistema de explotación son: el pique o pozo, las galerías, las chimeneas, etc.

##### **2.2. Pique o Pozo**

Un pique o pozo es una labor vertical o inclinada, se usa como vía entre la mina subterránea y la superficie exterior, a través del pique se transportan al personal, los materiales, los equipos y por supuesto los minerales y desmontes.

Dependiendo del diseño, la sección del pique o pozo puede ser circular o rectangular. El pique además puede tener dos o más compartimentos, lo que dependerá de la capacidad y de las instalaciones con que cuente la operación.

## **1.2. Objetivo**

Desarrollar métodos y procedimientos de cálculo, para el diseño y selección de los elementos de un sistema de Izaje en una mina subterránea de 1,200 Tm /día de capacidad de extracción, optimizando de esta manera la operación, haciendo factible su posterior fabricación y comercialización.

## **1.3. Justificación**

El presente informe se justifica en el potencial minero de nuestro país, que según los reportes del Metals Economic Group (MEG) del año 2007, ocupó el segundo lugar en América Latina y el sexto en el mundo en inversiones en exploración minera, además el MEG anunció que según el reporte del 2008, Perú se ubicó como el quinto destino en exploraciones mineras conjuntamente con Rusia, y que en el 2009 se ubicó tercero a nivel mundial.

## **1.4. Alcances**

Forman parte del alcance el desarrollo de métodos y procedimientos de diseño y la selección de los principales elementos del Sistema de Izaje, como son: Jaulas y Skips, Cables, Poleas, Castillo o Torre, Winche de Izaje.

No forman parte del alcance temas relacionados con: Las obras civiles de sostenimiento y cimentación, los sistemas eléctricos y de control, el mantenimiento de las estructuras y equipos, además de los protocolos.

## **1.5. Limitaciones**

Una limitación del presente informe es que esta desarrollado sobre un Sistema de Izaje existente en una mina en particular, que por razones legales no es posible mencionar. Otra limitación es que el autor ha participado de manera parcial en la ejecución de proyecto, dada la naturaleza del mismo.

# **CAPITULO I**

## **INTRODUCCION**

### **1. INTRODUCCION**

#### **1.1. Antecedentes**

Luego que un estudio técnico detallado indica la viabilidad de la explotación de un yacimiento usando métodos subterráneos, normalmente se tendrá que construir un pique o pozo, que es la vía por donde será transportado todo lo relativo a la operación minera, lo cual hace necesario la construcción de un Sistema de Izaje, la misma que contempla diversas estructuras, obras civiles y la selección del principal elemento motriz, un equipo llamado Winche de Izaje.

Los Sistemas de Izaje se desarrollaron con la minería subterránea, de acuerdo a publicaciones del siglo XVI, se empleaba la fuerza humana, animal y la del agua, para poner en marcha los winches, y así poder extraer el mineral del subsuelo. Luego en el siglo XIX e incluso parte del XX, se llegaron a emplear las maquinas a vapor, las mismas que por la naturaleza de la operación eran estacionarias.

Los sistemas de Izaje modernos, utilizan winches accionados por motores eléctricos, llevan sistemas de control hidráulicos, eléctricos, y electrónicos. Sofisticados sistemas de seguridad garantizan su operación, los materiales empleados en su fabricación también han evolucionado, dejando atrás la madera, para usar el acero o concreto y también en algunos casos el aluminio.

### **2.3. Sistema de Izaje**

Un Sistema de Izaje consiste de todo lo necesario: estructuras metálicas y de madera, equipos mecánicos y/o eléctricos, obras civiles, que hacen posible el transporte (a través del pique o pozo) de: personal, materiales, equipos, mineral y desmote entre la mina subterránea y la superficie exterior. Ver *Fig. 2.1*.

### **2.4. Principales Elementos del sistema de Izaje**

Los principales elementos de un sistema de Izaje de una Mina Subterránea son:

#### **2.4.1. Jaulas y Skips**

Las Jaulas son estructuras metálicas que sirven para transportar personal, así como también materiales de trabajo, pueden ser fabricadas en acero o aluminio, cuentan con sistema de seguridad en caso de rotura de cable, las dimensiones de su sección transversal están definidas por la sección del pique o pozo.

Los Skips o Baldes son estructuras metálicas que sirven para transportar mineral y desmote, pueden ser fabricados en acero o aluminio, también cuentan con un sistema de seguridad, las dimensiones de su sección transversal también están definidas por la sección del pique o pozo.

#### **2.4.2. Cables**

Los cables son las estructuras metálicas que sirven para izar tanto Jaulas como Skips o Baldes, desde la mina subterránea hasta la superficie, su extensión tiene un recorrido que va desde las juntas de unión con las estructuras (Jaulas o Skips), hasta el Winche de Izaje, que es donde se arrolla, pasando antes por las poleas del Castillo o Torre.

Los cables están conformados por el arrollamiento de un gran número de hilos de acero de alta resistencia, pudiendo estos también ser de aluminio, siempre y cuando la aplicación así lo requiera.

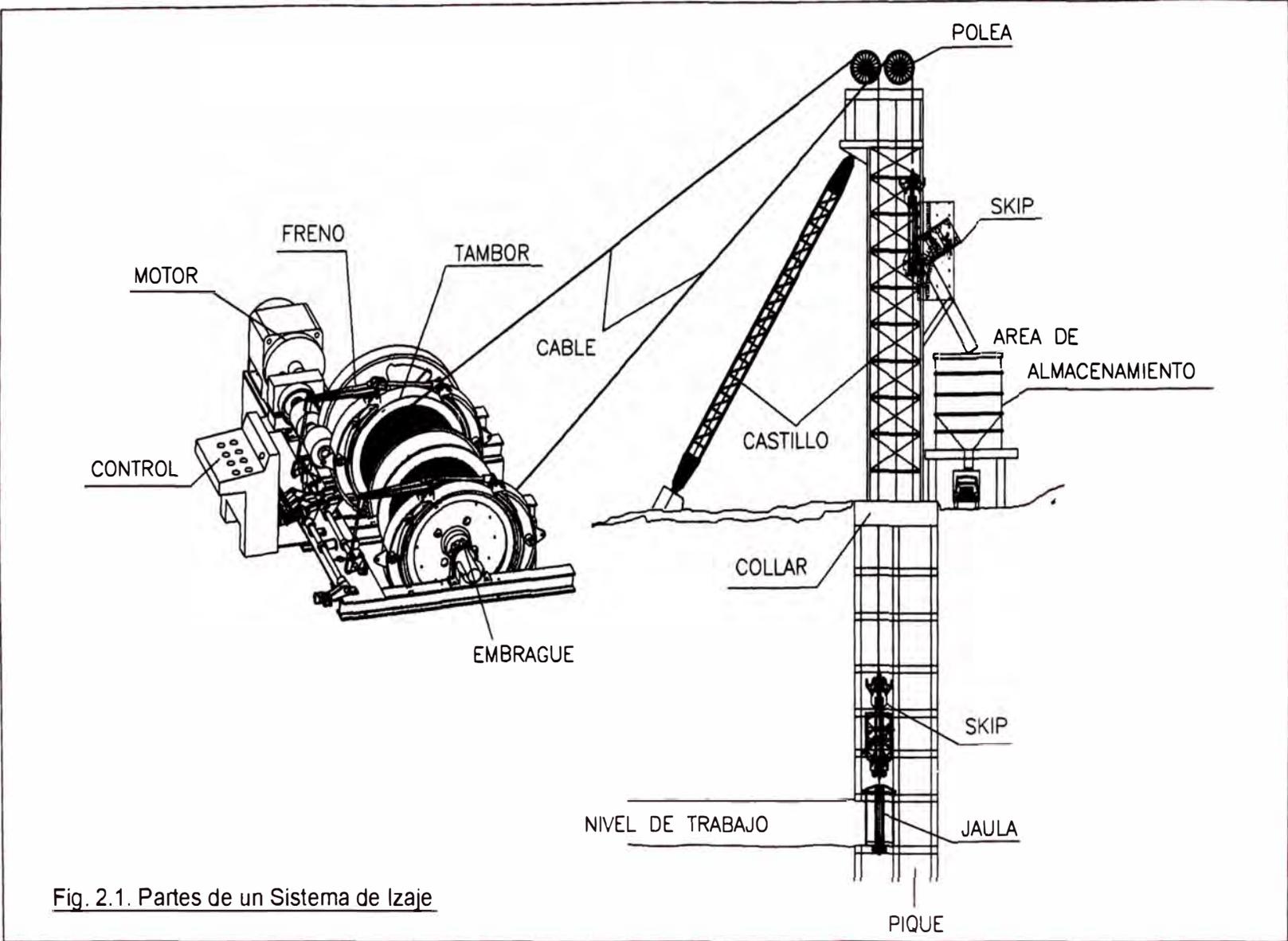


Fig. 2.1. Partes de un Sistema de Izaje

### **2.4.3. Poleas**

Las poleas son los elementos que cambian la dirección de los cables y ayudan alinear los mismos dentro de la sección del pique o pozo, hacen esto durante todo el recorrido del cable, que es desde que se inicia el izaje en el subsuelo hasta la superficie exterior, para luego hacer lo mismo de retorno a la mina subterránea. Pueden ser construidas en hierro fundido, hierro forjado y en acero (construcción soldada).

### **2.4.4. Castillo o Torre**

El castillo o torre es la principal estructura metálica fija del Sistema de Izaje, tiene como función soportar las cargas producto del Izaje y la operación en sí, el castillo sirve también para ayudar alinear los cables de izaje dentro de la sección del pique o pozo, gracias a las poleas que lleva en la parte superior (ápice de castillo).

Entre los principales tipos de castillos tenemos:

- Castillo con puntales o *backlegs*, dándole al bastidor una forma de "A",
- Castillo de cuatro o seis columnas dándole al bastidor la forma de Torre.

Antiguamente los Castillos o Torres eran fabricados en madera, actualmente el acero estructural es el material predominante.

### **2.4.5. Winche de Izaje**

El Winche de Izaje es la máquina que proporciona movimiento a los cables y en consecuencia logra el izaje de las Jaulas y Skips, gracias a una transmisión que recibe la potencia de un motor eléctrico, comúnmente de corriente directa, sin embargo los grandes Winches modernos utilizan los de corriente alterna, asistidos normalmente por controles de tambor, ya que es necesario un cambio constante de dirección y velocidad. Podemos destacar dos tipos de Winche: Winche de Tambor y Winche de Fricción.

**El Winche de Tambor**, es aquel donde el cable de izaje es arrollado en su tambor o tambores, permite el izaje en balance (una carga sube, mientras la otra baja). Son montadas sobre concreto y cuentan con cerramiento, tienen una rutina de mantenimiento más sencilla que los winches de fricción.

**El Winche de Fricción**, es aquel que va montado en la base del pique o en la parte superior del castillo, lleva cables unidos a un contrapeso, el cual permite transportar la carga sin necesidad de arrollar el cable en el tambor, ya que solamente este es de paso para el cable. Tiene un menor requerimiento de potencia que el Winche de Tambor. No aplica para piques de gran profundidad, ya que requieren un alto factor de seguridad.

El tipo de Winche que se desarrollara en el presente informe es el Winche de tambor, en el cual el cable de izaje es arrollado sobre el mismo. El Winche de tambor es usualmente ubicado a cierta distancia del pique o pozo y requiere de un castillo o torre, cuyas poleas centran los cables de izaje en la sección del pique, transmitiendo así movimiento a las Jaulas y Skips.

El Winche de Tambor, se clasifica según la configuración del tambor o tambores, pudiendo ser:

- Winche de tambor único,
- Winche de tambor único dividido,
- Winche de tambor de diámetro diferencial dividido,
- Winche de doble tambor con un embrague,
- Winche de doble tambor con dos embragues,

**El ciclo de servicio de un Winche**, describe el tiempo total que le toma al mismo mover las estructuras (jaulas y skips) desde la base hasta la parte superior, este ciclo incluye tiempos de arrastre, aceleración, velocidad máxima, desaceleración, vaciado, carga y parada.

## **CAPITULO III**

### **DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS**

#### **3. DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS**

##### **3.1. Consideraciones de la Mina Subterránea**

- La unidad minera se ubica a 4,500 m.s.n.m. en la zona central del país.
- Se considera una presión de viento en la zona de trabajo de 30 lb/pie<sup>2</sup>.
- Se considera un peso específico de mineral de 1.8 ton /m<sup>3</sup> (1.63 Tm/ m<sup>3</sup>)
- El tipo de mineral a beneficiar es el polimetálico (Cu, Zn, Pb, Ag).
- De acuerdo a la clasificación vigente, la operación minera se encuentra ubicada dentro de la Mediana Minería.

##### **3.2. Consideraciones del Pique o Pozo**

- La sección del pique es rectangular, cuenta con dos compartimentos de izaje, los cuales son construidos en madera tipo pino Oregón, peso específico 0,51 g/cm<sup>3</sup>, la *Fig.3.1* muestra detalles de la sección.
- La profundidad del pique o pozo es de 305 m, a lo largo del mismo se ubican las guías de pino Oregón en ambos compartimentos, siendo las mismas de sección rectangular 5" x 6". Por estas guías deslizan los Skips y Jaulas.
- La sección del pique adicionalmente a los compartimientos de izaje cuenta con un compartimento donde se ubican: la escalera de servicio, el ducto de ventilación, los cables eléctricos, las tuberías de servicio.



### **3.3. Consideraciones del Sistema de Izaje**

- Se considera una velocidad media de izaje de 2.45 m/s.
- Se considera una aceleración de 2.00 ft/s<sup>2</sup>.
- El sistema cuenta con un Winche de doble tambor, cuyo factor de utilización es de 70%. Es decir opera 16.8 horas diarias.
- El sistema, desarrolla un izaje del tipo balanceado, es decir que mientras eleva una carga simultáneamente desciende otra.
- La capacidad de extracción es de 1,200 Tm/ día, de los cuales 1,000 Tm son de mineral propio y 200 Tm de desmontes.
- El sistema cuenta con un castillo metálico del tipo A, cuya altura aproximada en el ápice es de 27.4 m.
- El sistema cuenta con 2 Jaulas y 2 Skips, para transportar personal y mineral respectivamente, estas deslizan en los compartimientos del pique.

### **3.4. Consideraciones generales para diseño y selección**

- El diseño y selección de los elementos del sistema están basados en los principios de la Resistencia de Materiales, del Cálculo de Elementos de Maquina y de las Estructuras Metálicas.
- Se usara el método grafico para la solución del Castillo de Izaje, que es la principal estructura metálica fija del sistema.
- Se usaran factores y las reglas recomendadas por instituciones como:  
Instituto Sudafricano de Ingenieros Mecánicos, Instituto Canadiense de Minería y Metalurgia, Instituto Americano de Ingenieros Mineros, Metalurgistas y Petroleros AIME, Ministerio de Energía y Minas del Perú.
- El material predominante para la fabricación de los elementos es el acero estructural ASTM A36.

### 3.5. Diseño de Jaulas y Skips

#### 3.5.1. Consideraciones y parámetros de diseño de Jaulas

La *Fig.3.2* muestra el arreglo típico de la presente estructura metálica.

Debido al tipo de servicio de la misma, la selección de sus elementos requiere de un alto factor de seguridad. Las autoridades recomiendan un factor de 10, además de los siguientes esfuerzos unitarios:

Tensión (hierro y acero) = 6,000 lb/pulg<sup>2</sup>

Compresión (hierro y acero) =  $\frac{P}{A} = 6,000 - 70 \frac{l}{r}$

**Remaches y pasadores:**

Esfuerzo cortante simple = 5,000 lb/pulg<sup>2</sup>

Esfuerzo cortante doble = 10,000 lb/pulg<sup>2</sup>

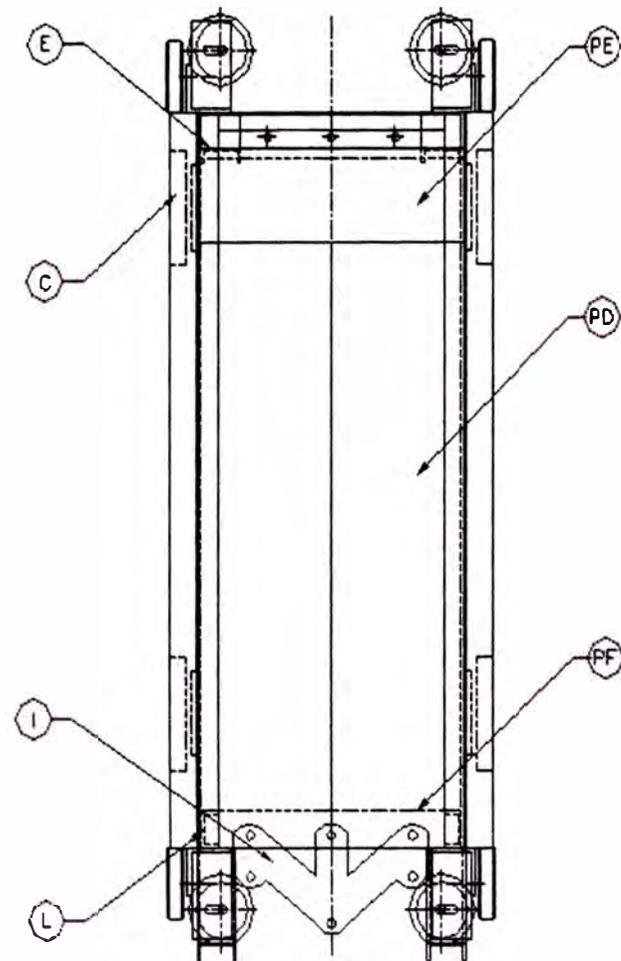
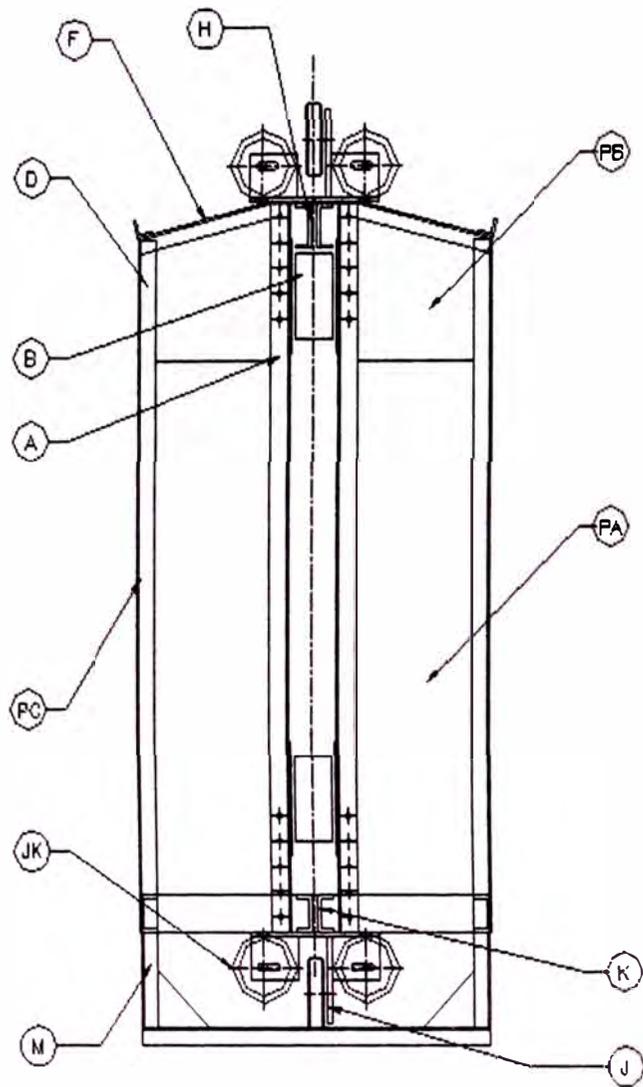
**Pernos:**

Esfuerzo cortante simple = 3,500 lb/pulg<sup>2</sup>

Esfuerzo cortante doble = 7,000 lb/pulg<sup>2</sup>

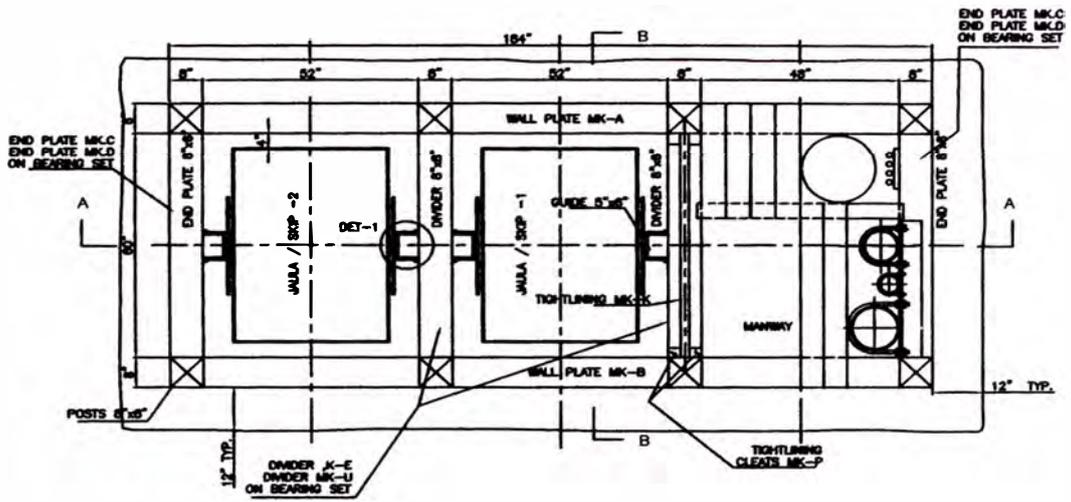
La holgura entre la plataforma de la jaula y los maderos del pique o pozo, deberá ser como mínimo 2". Entre los lados de la guía y las zapatas de jaula la holgura es de ¼" a ½" sobre cada lado, entre la superficie de la guía y la zapata la holgura es de ½" a 1". Para referencia ver la *Fig.3.3*.

La selección de los elementos que constituyen la jaula está basada en la resistencia de materiales: tensión, flexión y esfuerzo cortante. No menos de dos remaches o pernos por conexión deben ser empleados. Las zapatas están sometidas a desgaste por fricción y requieren ser reemplazadas periódicamente, estas se unen a la jaula mediante pernos, la soldadura puede ser usada en lugar de remaches. La presente estructura no lleva remaches, se conforma de perfiles soldados y unidos mediante pernería.

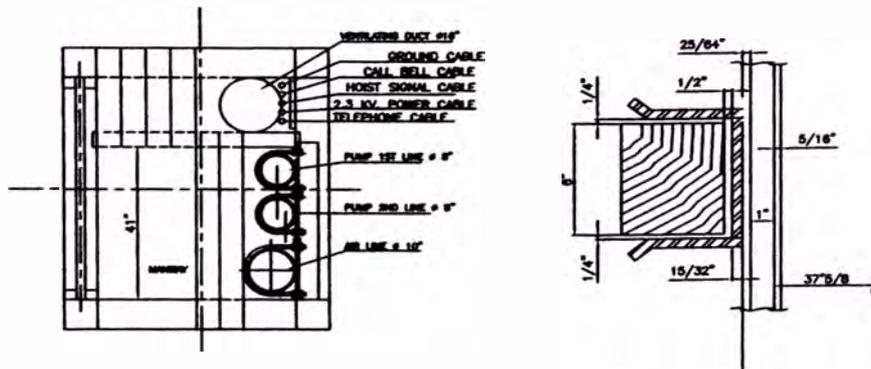


- A : Estructura Principal
- B : Zapatas
- C : Guías de Zapatas
- D : Estructura lateral de Jaula
- E : Soporte de Techo
- F : Plancha para Techo
- H : Soporte de techo
- I : Plancha de Enganche
- J : Soporte de ruedas
- JK: Ruedas
- K : Soporte
- L : Soporte
- M : Base de Jaula
- PA: Plancha lateral de jaula
- PB: Plancha lateral Sup. De jaula
- PC: Plancha Trasera de Jaula
- PD: Puertas de Jaula
- PE: Plancha arriba de puerta
- PF: Base de Jaula

Fig. 3.2. Arreglo típico de Jaula



VISTA DE PLANTA



VISTA DE PLANTA COMPARTIMENTO SERVICIO

DETALLE 1

Fig.3.3. Detalle de Holguras entre las guias vs estructuras

### 3.5.2. Diseños de Jaulas

#### Componentes principales del Sistema de Seguridad (Fig. 3.4)

- **Eje de accionamiento de Leonas / SAE 1020,  $S_y = 59.0$  Ksi**

Esfuerzo admisible por cortante:  $[\tau] = 0.6 S_y \rightarrow [\tau] = 35.4$  Ksi

Se consideran dos ejes para accionar las parejas de leonas. Una carga crítica en el eje es el esfuerzo cortante que genera el torque, al hacer girar con rapidez las leonas de su posición libre a la de adherencias a los maderos. Otra carga crítica a analizar se presenta cuando las leonas incrustan su diente en los maderos de las guías, quedando suspendido todo el peso de la estructura por las cuatro leonas. Considerando corte puro:

La fuerza cortante es:  $V = P/4 = 15,400/4 = 3,850$  lb

$$\text{Corte puro: } \tau_{\max} = \left( \frac{v}{Ib} \right) Q_{\max}, \text{ eje circular: } b = d, \quad Q_{\max} = \frac{2}{3} \left( \frac{d}{2} \right)^3$$

$$\text{Luego se tiene: } d = \sqrt{\frac{16 * 3,850}{3 * \pi * 3,540}} = 1.4''$$

Considerando corte por torsión, corte para girar el eje y de este modo incrustar los dientes de las leonas en los maderos, deberá vencer la resistencia de la madera al corte. Se asume que la fuerza entregada por el resorte, es igual a la tercera parte de la fuerza de izaje. La fuerza en los brazos palanca de cada eje es:  $F_a = 1/6 P$ ,  $T = (F_a)L = (15,400/6) \times 4.75$

$$\rightarrow T = 12,191.66 \text{ lb-pulg, } \rightarrow d = \sqrt[3]{\frac{16 * T}{\pi [\tau]}} \rightarrow d = \sqrt[3]{\frac{16 * 12,191.66}{\pi * 3,540}} = 2.6''$$

Consideramos un diámetro de: 3"

- **Brazos de Giro - Eje de Accionamiento de Leonas**

Elementos formados por un cilindro corto y brazos de accionamiento. Se ubican en la parte central del eje de accionamiento de leonas.

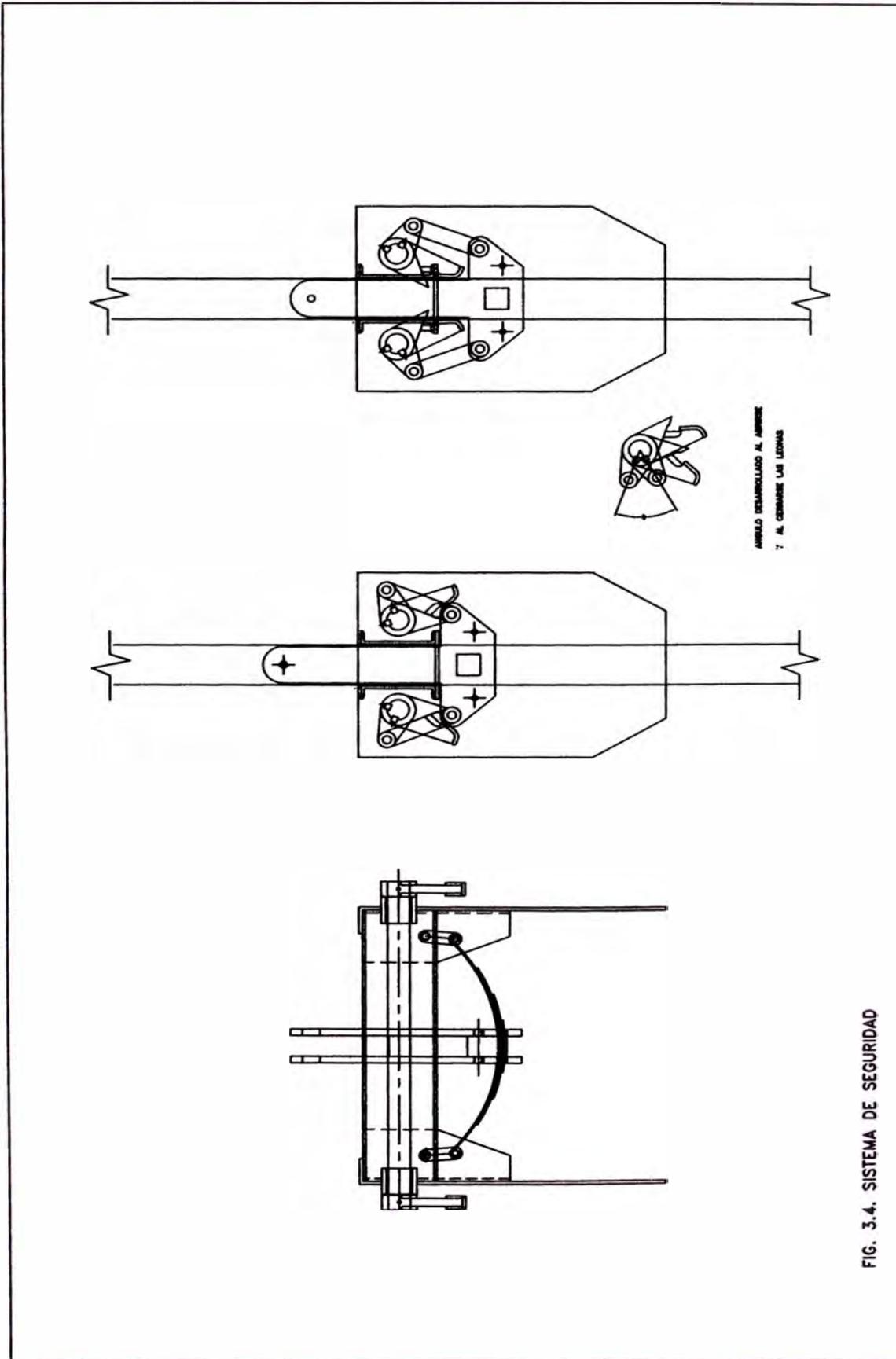


FIG. 3.4. SISTEMA DE SEGURIDAD

El espesor y la altura del cilindro se determinan según las dimensiones de la chaveta de fijación, la cual viene a ser el elemento crítico para el cálculo. Las cuñas o chavetas se usan para poder transmitir momento de rotación desde el brazo de giro al eje y de este a las leonas. Se selecciona una chaveta cuadrada de 3/4"x3/4", con 3/8" de profundidad de chavetero.

$$T = F * \frac{d}{2}, \rightarrow F = \frac{12,191.66}{3/2} = 8,127.77 \text{ lb, la falla por corte a través de la}$$

$$\text{sección origina un esfuerzo} \rightarrow \tau = \frac{F}{t * l}, \rightarrow l = \frac{8,127.77}{0.75 * 3,540} = 3.06''$$

Las chavetas para las leonas, son del mismo tipo, pero como el torque es la mitad del brazo de giro, la longitud de la chaveta se considera igual a 2". El espesor del cilindro del brazo de giro se considera 1.5 veces el ancho de la chaveta, es decir:  $t_{cil} = 9/16''$  (14.5 mm).

El espesor del cubo de la leona se considera 1.5 veces el ancho de la chaveta, es decir ( $t_{cil}$ ) leona = 9/16" (14.5 mm).

- **Planchas – Eslabón**

Estas planchas, en pareja, se unen por un extremo a las crucetas, y por el otro a los brazos de giro de los ejes de leonas, elemento sometido a carga axial de compresión. La carga de compresión viene a ser la mitad de la

$$\text{fuerza amortiguada} \rightarrow P_C = \frac{P}{12}, \rightarrow d = \sqrt{\frac{16 \times 1,283.33}{3 \times \pi \times 3,540}} = 0.8'' \text{ (cortante puro)}$$

se consideran pines de 1" Ø. Para la plancha, el área neta de aplastamiento

$$\text{es: } A_{\text{APLAS}} = d \times t \rightarrow t = \frac{1,283.33}{3,600 \times d}, \text{ siguiendo recomendaciones del manual}$$

del AISC, → Se consideran: b = 60 mm, t = 10 mm

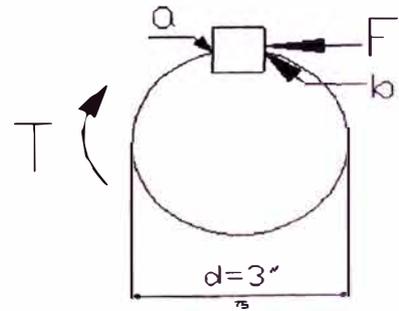
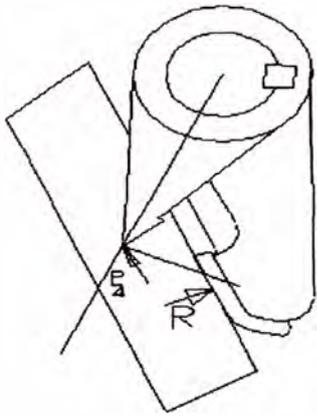
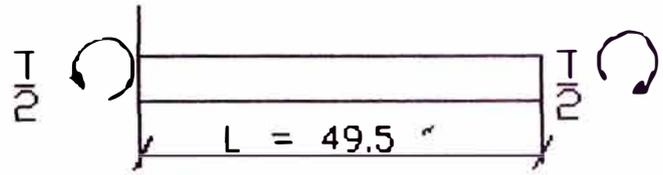
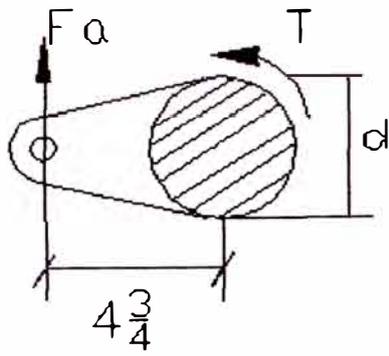


Fig. 3.5. Detalles Sistema de Seguridad

### **3.5.3. Consideraciones y parámetros de diseño de Skips**

La *Fig. 3.6* muestra el arreglo típico de la estructura a diseñar.

La capacidad del balde y las dimensiones del skip están determinadas por el nivel de explotación del mineral, los días de extracción del mismo, las horas netas de izaje diario, el ciclo de trabajo, etc. También están en función de las dimensiones del pique, obteniéndose así dimensiones básicas.

Un Skip se diseña para un pique en particular, siendo las holguras entre esta estructura y maderos del pique idénticas a las de la jaula. Es importante ubicar el centro de gravedad del balde. Al progresar el diseño del skip e instalaciones de vaciado, las medidas sufren ligeros cambios.

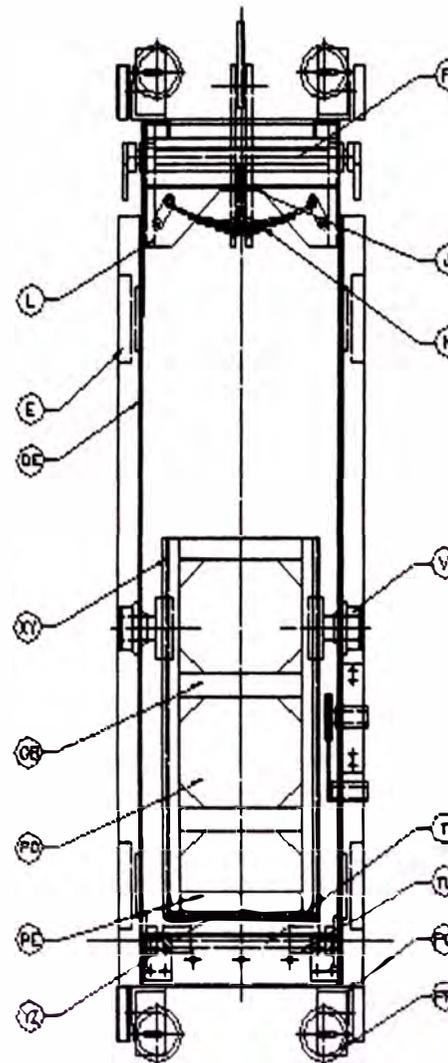
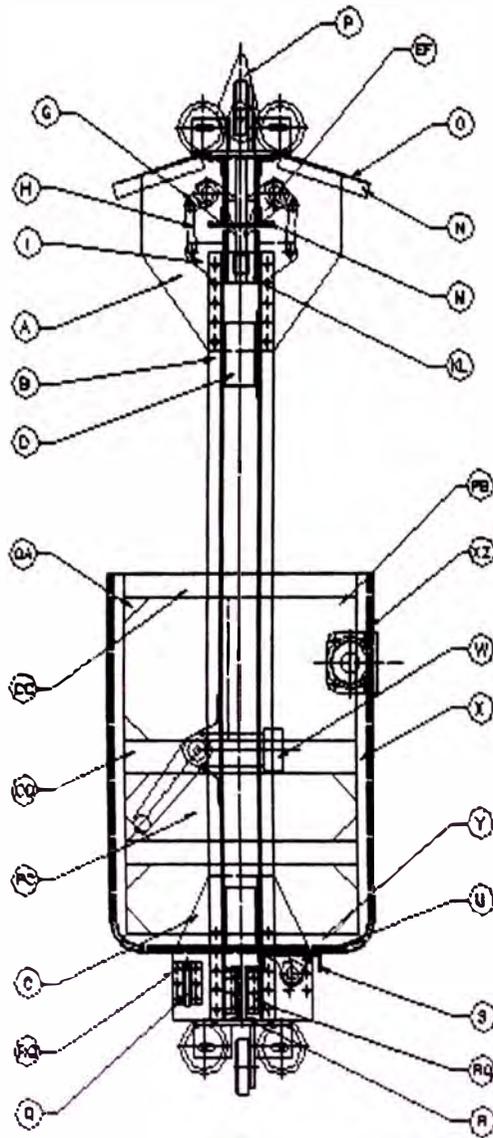
Para evitar derrame de mineral, la capacidad volumétrica del skip debe ser 10% mayor a la del mineral a ser izado. La altura del balde es mayor que cualquiera de las otras dimensiones. Si un balde es demasiado alto, además de ser inestable, dificultara la descarga mediante el uso de placas de volteo.

La *Fig. 3.7* muestra diversas formas de baldes, los de esquinas rectangulares son de fácil fabricación y mantenimiento, los de esquinas redondeadas presentan menos inconvenientes con materiales pegajosos, algunos tienen el fondo es más angosto que la parte superior, así:

- El centro de gravedad se aleja más del punto de pivote, reduciendo la tendencia al vuelco durante el izaje de la carga.
- Se alcanza el ángulo de descarga con menos recorrido vertical.

El balde puede llevar un agujero de drenaje en la base en caso de materiales húmedos. Si la sección del pique obliga que un balde sea excesivamente alto, se debe considerar el diseño de un Skip cuyo balde descarga por el fondo, a esta estructura se le conoce como Skip tipo Anaconda. La *Fig. 3.8* muestra el arreglo típico de esta estructura.

## RELACION DE PARTES



- A: Placa principal superior
- B: Estructura principal
- C: Placa principal inferior
- D: Zapatas
- DE: Plancha de refuerzo de Est.
- F: Eje del sistema de Seg. Cable
- EF: Gancho de Sistema de Seg.
- G: Acople
- H: Acople
- I: Plancha de sujeción
- J: Plancha de Unión
- K: Muelle
- L: Plancha de Unión
- KL: Soporte
- M: Angulo de Soporte
- N: Soporte de Techo
- O: Techo
- P: Gancho
- Q: Separador – Soporte
- PQ: Soporte de Ruedas
- PR: Ruedas
- R: Separador – Soporte
- RQ: Soporte
- S: Angulo de Unión
- T: Eje de volteo del Skip
- TU: Chumaceras
- U: Chumaceras
- V: Polín de Balde
- W: Rodillo de Seguridad
- X: Estructura lateral del balde
- Y: Estructura base del balde
- PB: Plancha lateral del balde
- PC: Plancha lateral del balde
- PD: Plancha lateral del balde
- PE: Plancha base del balde
- OA: Refuerzo
- OB: Refuerzo
- OC: Refuerzo
- OD: Refuerzo
- XY: Plancha de Desgaste
- XZ: Plancha de Desgaste
- YZ: Plancha de Desgaste

Fig. 3.6. Arreglo típico de Skip

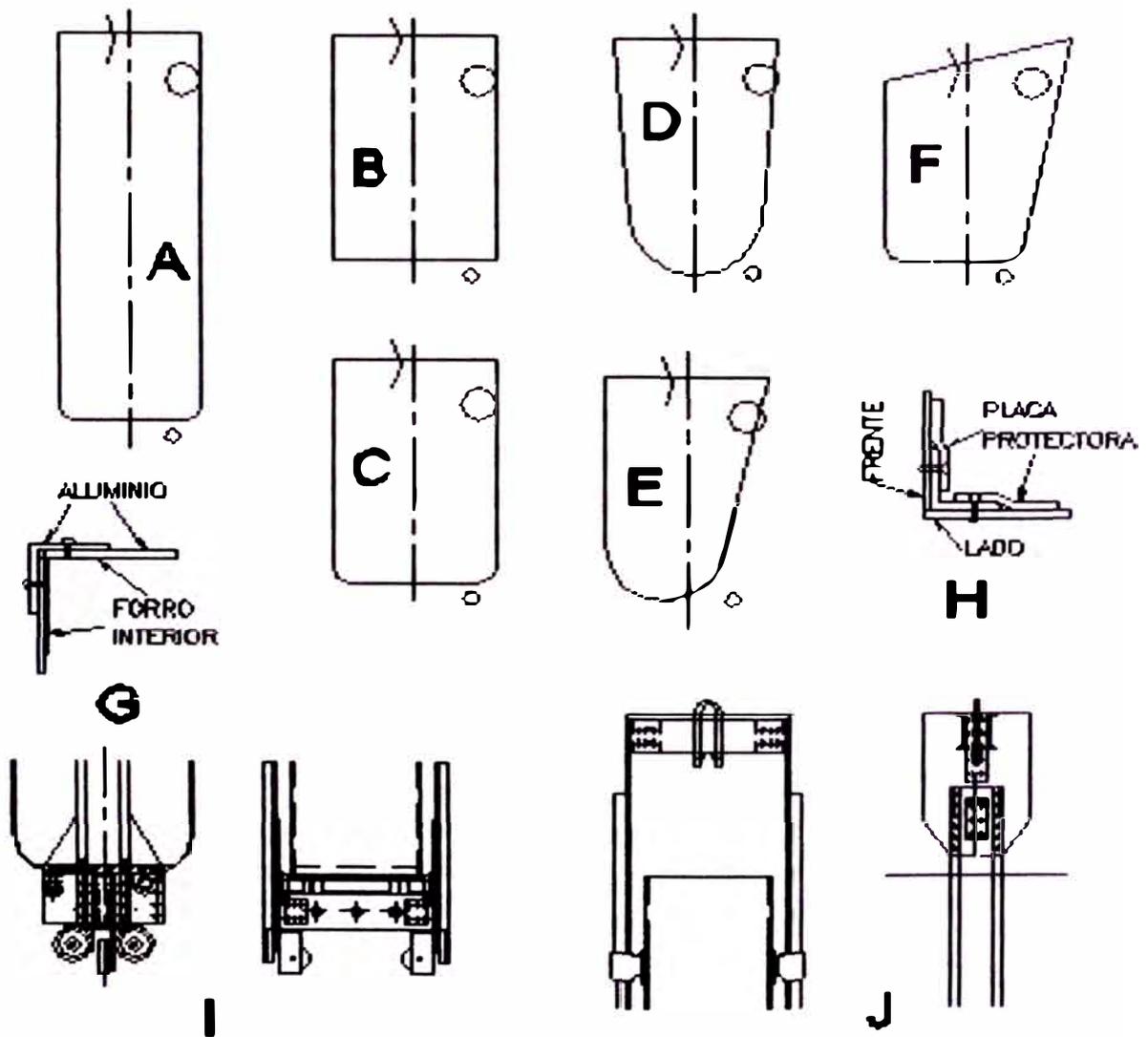


Fig. 3.7. Diversos tipos de Baldes de Skips

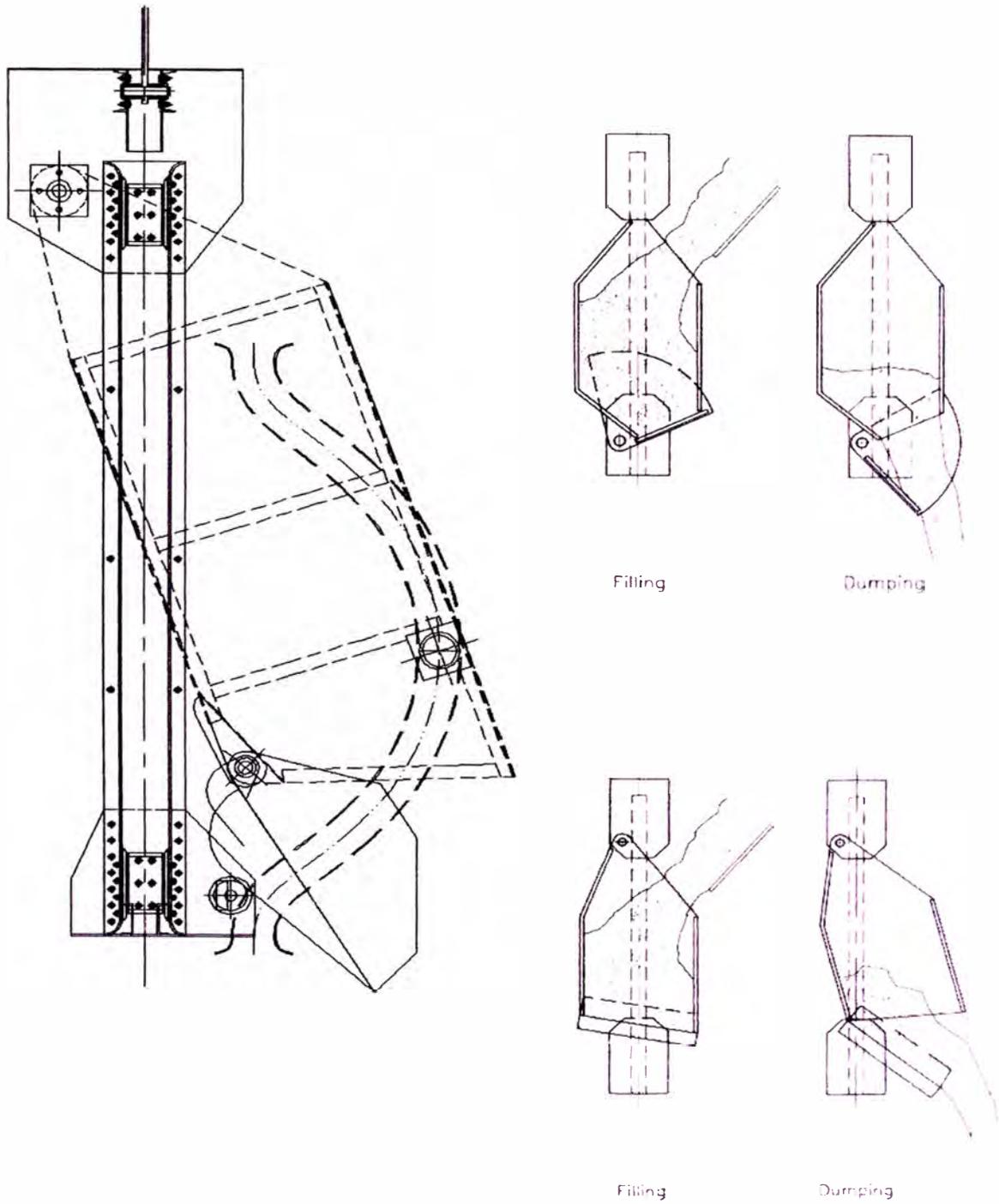


Fig. 3.8. Skip Tipo Anaconda (Descarga por el Fondo)

El presente informe desarrolla el Skip tipo Kimberly (*Fig.3.9*). Se trata de una estructura metálica que cuenta con un recipiente o balde que lleva dos polines de balde, los cuales ingresan en las vías curvadas de las placas de volteo, causando que el balde vuelque y descargue, para luego retornar al pique, con la ayuda de sectores de deslizamiento ubicados en el balde y un par de polines de placa, fijados en un lugar específico de las mismas.

### **Sistema de volteo del Skip tipo Kimberly - Placas de volteo**

Se trata de dos placas, que permiten descargar el contenido del balde, cuentan con vías cuya curvatura produce un mínimo impacto sobre los elementos de la estructura, además se considera lo siguiente:

1. La trayectoria que describe el centro de gravedad y/o el polín del balde hasta la posición de descarga, es la de una curva suave.
2. Cuando el centro de gravedad este verticalmente sobre el pivote, el radio de la curva cambia de manera que el movimiento horizontal es mayor al recorrido vertical. Esta segunda curva puede o no terminar en una tangente horizontal, esto dependerá de la distancia C.
3. Para reducir el impacto en el instante en que los sectores de deslizamiento contacten a los polines de placa y poco después que los abandonen, los polines de placa deben tener una ubicación fija con respecto a los polines de balde, cuando estos últimos hayan alcanzado la máxima distancia horizontal desde el eje pivote.
4. Los sectores deben tener una curvatura que mantenga el ángulo de choque, resultando desde el contacto, en un mínimo valor posible.
5. El contacto de los polines de balde con la segunda vía de placa y la elevación de los sectores de deslizamiento desde los polines de placa deben realizarse de manera simultánea.

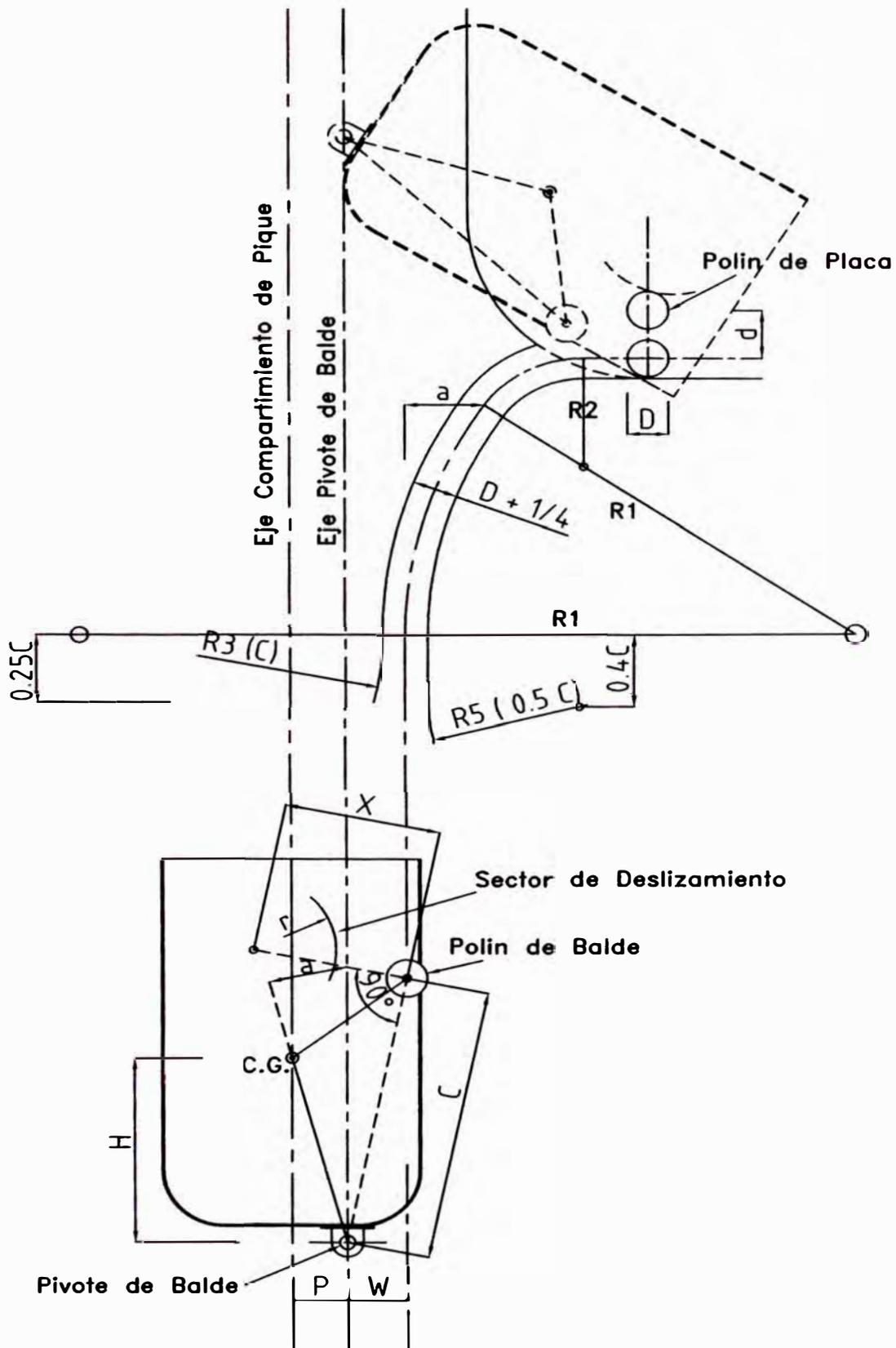


Fig. 3.9 Skip tipo Kimberly

6. Del análisis de diagramas de choque y trabajo, se recomienda usar las siguientes relaciones:

$$R1 = 1.5 C, \text{ pies}$$

$$d = 1.25 \times D, \text{ pulg}$$

$$R2 = 0.4 C, \text{ pies}$$

$$x = 3d, \text{ pulg}$$

$$D = 0.15C \times 12, \text{ pulg}$$

$$r = 2d - D/2 - 1/8", \text{ pulg}$$

C = distancia desde el centro de pivote a centro del polín de balde, pies

C/H y W/H deben ser las mayores posibles. P/H va ser tan pequeño como sea seguro.

#### 3.5.4. Diseño de Skips

La **Capacidad del Skip**, es decir la capacidad de su balde, se determina tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Producción diaria : 1,322.40 ton/día ( 1,200 tm/día )
2. Días laborables : 27 días /mes
3. Horas netas de operación : 16.80 horas/día (70% (24))
4. Producción mensual (tpm) : 35,704.80 ton/mes ((1)x(2))
5. Producción horaria (tph) : 78.71 ton/hora ((1)/(3))
6. Profundidad máxima de Izaje (D) : 1,000 pies (305 m)
7. Velocidad media de Izaje (V) : 8.04 pies/seg (2.45m/seg)

$$\text{Capacidad del Skip (SL): } 3.053 \text{ ton } \left( SL = \frac{(D/V) + 0.4V + 12}{3,600 / \text{tph}} \right)$$

$$\text{Volumen mínimo de Skip (balde): } 1.70 \text{ m}^3 \text{ ((SL) / 1.8 ton/m}^3\text{)}$$

Para evitar derrame de mineral se considera un 10% adicional (freeboard)

$$\text{Volumen de Skip (balde): } 1.87 \text{ m}^3$$

Volumen que junto con las dimensiones de la sección transversal del pique, además de las respectivas holguras entre skip y maderos incluidos guías, determinan las dimensiones de la estructura metálica (plano UNI120-01).

Cálculos de los principales elementos del Skip:

- **Planchas de Sujeción (Crucetas) / ASTM A36**

Permiten aplicar la fuerza de izaje a través del gancho o guardacable y accionan los ejes del sistema de seguridad, para detener el Skip.

Se considera que la falla es ocasionada por la presión del pasador de sujeción del guardacable contra los agujeros de las crucetas. Ver *Fig. 3.10*.

Para el esfuerzo normal de diseño, se considera un F.S de 10:

$$[\sigma] = S_y / F.S = 36.0 \text{ Ksi} / 10 = 3.6 \text{ Ksi}$$

La carga total que transmite el cable (peso de Skip mas carga) se considera:

$$P = 7,000 \text{ Kg} \rightarrow P = 15,400 \text{ lb}$$

**Cálculo por Tensión**, donde el esfuerzo que soporta cada plancha es:

$$\sigma = \frac{P/2}{(b-d)t_1} \rightarrow \frac{P/2}{(b-d)t_1} = 3.6 \text{ ksi} \quad , \text{ donde:}$$

b, es el ancho de la parte superior de la cruceta (pulg).

d, es el diámetro del pin de sujeción del guardacable (pulg).

De donde se tiene:  $(b - d) t_1 = 2.139$

Los valores de b, d y t<sub>1</sub>, se determinan según el AISC: La distancia del agujero al borde de la plancha es de 1.5 - 2.0 veces el diámetro del agujero.

Seleccionamos de manera preliminar los valores mínimos de diámetro del agujero, ancho y espesor de la cruceta:

$$d = 2", \quad b_{\min} = 5", \quad t_{1 \min} = 0.713"$$

**Cálculo por Aplastamiento**, el espesor de la cruceta, se revisa por esfuerzo de aplastamiento, entonces se tiene:

$$\sigma_{ap} = \frac{P/2}{d \times t_1} \leq \frac{0.9S_y}{10} \rightarrow d \times t_1 = 2.377$$

Consideramos t<sub>1</sub> = 1", y el diámetro del agujero d = 2.377"

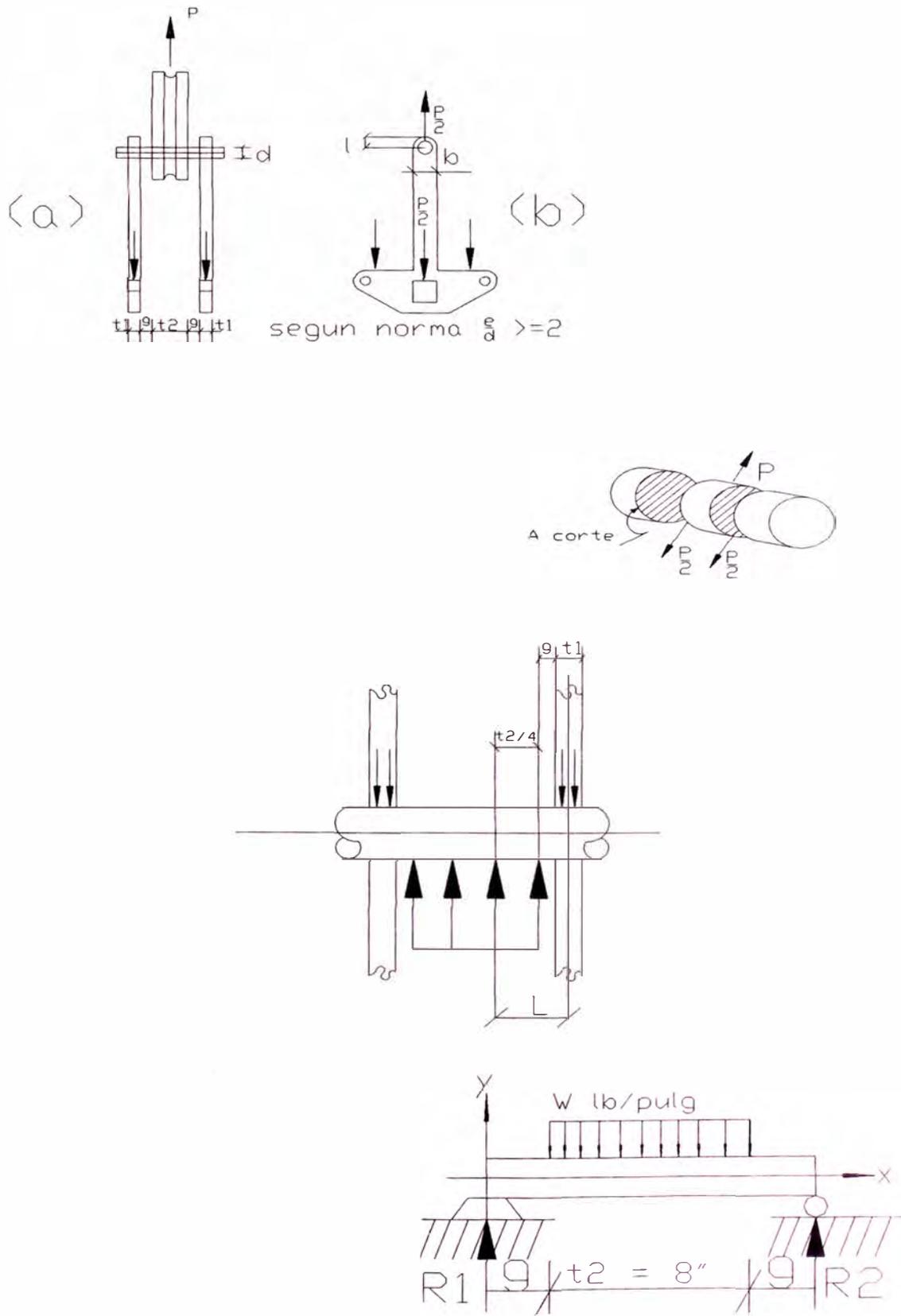


Fig. 3.10. Principales elementos de Skip

- **Pasador de sujeción del guardacable / SAE 1020,  $S_y = 59.0$  Ksi**

**Cálculo por cortante**, consideramos:  $\tau_m = \frac{P/2}{\frac{1}{4}\pi d^2} \leq \frac{[\tau]}{10}$

Esfuerzo admisible por cortante:  $[\tau] = 0.6 S_y \rightarrow [\tau] = 35.4$  Ksi

De manera preliminar se obtiene  $\rightarrow d = 1.7$ "

**Corte por flexión:**  $[\sigma] = S_y / F.S \rightarrow [\sigma] = 59.0$  Ksi / 10 = 5.9 Ksi

La resistencia del pasador tiene que justificar la distribución uniforme de la carga, se calcula considerando una viga simplemente apoyada.

El brazo de momento L es:  $L = \frac{t_1}{2} + \frac{t_2}{4} + g \dots (1) \quad \sigma = \frac{\frac{P}{2} \times \frac{L}{2}}{I/c} \leq \frac{S_y}{10} \dots (2)$

Para el caso de una sección circular:  $\frac{I}{c} = \frac{\pi d^3}{32}$ , donde  $c = d/2$

Reemplazando en (1) se tiene:  $L = \frac{5,900 \pi d^3}{16 \times 7,700} \dots (3)$

En (3), para  $d = 2$ "  $\rightarrow L \approx 1 \ 1/4$ "

Se determina la longitud de contacto ( $t_2$ ) entre el guardacable y el pasador despejando  $t_2$  de (1) y con  $g = 3/32$ ",  $L = 11/4$ " y  $t_1 = 1$ "

$$t_2 = 4 \left[ L - \left( \frac{t_1}{2} + g \right) \right] \rightarrow t_2 = 2.625"$$

Para mejorar la distribución de carga en el eje, tomamos  $t_2 = 3$ ", reemplazando en (1), obtenemos  $L = 1.34$ ". Con  $t_2 = 3$ ", considerando una viga con carga uniformemente distribuida en vez de carga concentrada:

$$M_{MAX} = R_1 \left( g + \frac{t_2}{2} \right) - \frac{w}{2} \left( \frac{t_2}{2} \right)^2, \quad \text{donde } W = \frac{15,400}{3} = 5,134 \text{ lb/pulg}$$

$R_1 = 7,700$  Lbs:  $M_{MAX} = 6,498$  Lb-pulg,  $\sigma = \frac{M_{MAX}}{I/c} \rightarrow \sigma = 8.27$  Ksi

El factor de seguridad:  $F.S. = 59.0 / 8.27 = 7.13 < 10 \dots$  No cumple

Para un diámetro de pasador de  $2 \frac{1}{2}$ ",  $\sigma = \frac{6,498 \times 32}{\pi(2.5)^3} = 4.24 Ksi$

El factor de seguridad:  $F.S. = 13.92 > 10 \dots$  ok, cumple

Dimensiones Definitivas:

Plancha de Sujeción (cruce), ASTM A36  $\rightarrow b = 5 \frac{1}{2}$ " y  $t_1 = 1$ "

Pasador Sujeción de guardacable, SAE 1020  $\rightarrow d = 2 \frac{1}{2}$ ", Long = 7".

- **Viga soporte de chasis / ASTM A36**

Para darle mayor rigidez al skip y servir de soporte del peso total en caso de emergencia, se ubica estas vigas en el techo y se sueldan por sus extremos a unas planchas base, las cuales permiten fijarlas a los parantes del chasis mediante pernos. Se considera viga doblemente empotrada con carga P, concentrada en el punto medio de la viga.

La viga se forma con dos perfiles de acero tipo C, de longitud  $L = 42$ ", cada perfil soporta la mitad de la fuerza de tensión del cable:  $F = P/2$ .

Datos:  $F = 15,400/2 = 7,700$  lb, ASTM A36 /  $S_y = 36$  ksi

Esfuerzo de flexión,  $\sigma = \frac{M}{S}$                       Momento,  $M = \frac{F L}{8}$

Para determinar el perfil C a usar, incorporamos los módulos de sección de algunos perfiles tipo C del manual AISC, calculamos el esfuerzo y su F.S.

Se considera cinco perfiles, sin embargo en previsión de la influencia de aspectos como son: el impacto, la fatiga y las cargas dinámicas, se selecciona un perfil C10"x15.3 lb/pie.

- **Plancha base y pernos de fijación de la viga / ASTM A36**

Las planchas sirven para fijar mediante pernos las vigas al chasis. Los pernos de alta resistencia son clasificados por la ASTM en A325 y A490.

Los esfuerzos permisibles al corte y a la tensión, aceptados en los pernos A325 y A490 son presentados en las especificaciones del manual del AISC.

Los esfuerzos permisibles al aplastamiento son iguales a 1.35 veces el límite de fluencia de las partes de acero conectadas.

**Calculo por cortante,** Se considera carga actuante en cada viga:  $F = P/2$

Esfuerzo admisible al corte:  $\tau_{adm} = 24.0 \text{ Ksi} \rightarrow \text{F.S.} = 10 \rightarrow [\tau] = 2.4 \text{ Ksi}$

$$A_{\text{Corte}} = \frac{Q}{2,160}, \text{ donde: } Q = P/4 = 3,850 \text{ lb} \rightarrow A_{\text{corte}} = 1.60424 \text{ pulg}^2$$

El n° de pernos =  $A_{\text{corte}} / A_{\text{perno}}$ , usaremos 6 pernos de 5/8"Ø en dos hileras de tres.

**Calculo por aplastamiento,** 
$$\sigma_{ap} = \frac{q}{d \times t} \leq \frac{S_y}{10}$$

Donde q es la carga que cada uno de los pernos transmite a la plancha

$$\rightarrow q = Q/6 = 641.66 \text{ lb}$$

Entonces la plancha base, soldada a los extremos de la viga debe tener un espesor de 5/16", lo que concuerda con las recomendaciones generales.

- **Soldadura de la Viga a estructura del Chasis**

Como el conjunto asciende con el peso del mineral y desciende sin esta carga adicional, consideramos soldadura de filete sometida a carga variable.

Según recomendaciones de la AWS, la fuerza permisible por pulgada para

resistir 2, 000,000 de ciclos es: 
$$f_2 = \frac{5090}{1 - 0.5 K}$$

En nuestro caso:  $K=0$ , puesto que la carga varía en un solo sentido.

Para 10, 000,000 ciclos, la fuerza permisible por pulgada de soldadura es:

$$f_{10} = f_2 \left( \frac{2}{10} \right)^c, \text{ c es una constante, que depende del tipo de soldadura.}$$

La carga F concentrada actúa en el punto medio de la viga canal tipo C.

La carga de corte se distribuye uniformemente sobre todo el cordón lineal de la soldadura. Consideramos F.S. = 10, además:

$$F_{\text{máx.}} = 3,500 \text{ Kg} = 7,700 \text{ lb} \quad F_{\text{mín.}} = 1,750 \text{ Kg} = 3,850 \text{ lb} \text{ (sin carga)}$$

L = 42" longitud total de la viga

Z<sub>w</sub>: módulo de sección de la soldadura considerada como una línea

W: tamaño del cordón de soldadura

L<sub>w</sub> = longitud de soldadura

El momento de flexión M varía desde un máximo de (F<sub>máx.</sub> L/8) lb-pulg, en un sentido hasta un mínimo de (F<sub>mín.</sub> L/8) lb-pulg, en el mismo sentido. La fuerza de corte varía de 7,700 lb hasta 3,850 lb.

El módulo de sección de la soldadura es  $Z_w = b \times d + d^2/6$  (forma de U)

La carga en lb/pulg debida a la flexión es  $f_{\text{flex}} = M/Z_w$

La fuerza de corte máxima:  $Q = V/L_w$

La fuerza máxima / pulg  $f = \sqrt{(f_{\text{flex}})^2 + q^2}$

La dimensión de la soldadura es:  $w = \frac{f}{f_{10}}$

Utilizamos w = 1/4" para el cordón de soldadura, dimensión que solo es para el cordón de raíz, no se considera los de refuerzo y acabado.

- **Viga de apoyo del balde / ASTM A36**

Se localiza en la base del chasis y sirve como apoyo del balde. La viga es un perfil de acero tipo canal U, de longitud L = 42" y soporta la mitad del peso total del balde y su carga de mineral, la otra mitad la toma la viga circular que se apoya en dos chumaceras (Ver Fig. 3.10)

Viga doblemente empotrada con carga uniformemente distribuida w lb/pulg,

Esfuerzo de diseño  $[\sigma] = 3.6 \text{ Ksi}$ ,

Datos:

$$P = (3,500 + 1,000) \text{ Kg} = 9,900 \text{ lb} \rightarrow w = \left( \frac{P/2}{42} \right) \text{ lb/pulg}, w = 117.85 \text{ lb/pulg}$$

$$\text{Esfuerzo de flexión } \sigma = \frac{M}{S}, \quad \text{momento } M = \frac{w L^2}{12}$$

- **Eje de giro del balde / SAE 1020**

También se localiza en la base del chasis. La viga es un eje de acero de longitud  $L = 42''$  y soporta la mitad del peso total del balde y su carga de mineral repartidas por igual en dos chumaceras (Ver Fig. 3.10).

Se considera una viga simplemente apoyada con dos cargas concentradas:

Acero SAE 1020 con  $S_y = 59.0 \text{ Ksi}$

Aquí, el momento máximo es  $M = P \times a = 21,037.5 \text{ lb-pulg}$

Donde  $a = 8 \frac{1}{2}''$ , el módulo de sección:  $S = \frac{\pi d^3}{32}$

De los valores obtenidos, seleccionamos diámetro del eje:  $d = 3''$

- **Chumacera de Apoyo de balde**

Los esfuerzos permisibles al aplastamiento son iguales a 1.35 veces el límite de fluencia de las partes de acero conectadas. Si bien la sección en tracción,  $A_{ts}$  es función del tipo de rosca, (valores de  $A_{ts}$  se obtiene de catálogos de fabricantes), se aplicara la siguiente fórmula:

$$\sigma_p = \frac{w_p}{A_{ts}} \leq [\sigma], \quad \text{donde } w_p \text{ es la carga que soporta cada uno de los pernos}$$

$$w_p = \frac{W/2}{n}, \quad \text{Combinando las dos últimas ecuaciones tenemos para el número}$$

$$\text{de pernos, } n = \frac{W/2}{A_{ts} x [\sigma]}$$

Datos:  $W = 4,000 \text{ kg} = 8,800 \text{ lb}$ ,  $[\sigma] = 40.0/10 \text{ ksi}$

M12x1.25..... $A_{ts} = 92.1 \text{ mm}^2 = 0.14275 \text{ pulg}^2$

M12x1.5..... $A_{ts} = 88.1 \text{ mm}^2 = 0.13655 \text{ pulg}^2$

M14x1..... $A_{ts} = 134 \text{ mm}^2 = 0.20770 \text{ pulg}^2$

Utilizamos 4 pernos M14 x 1, sujeción de Chumaceras.

**Diseño por cortante**, debido a la inclinación del balde en la operación de descarga, aparece un esfuerzo cortante en los pernos.  $\Theta$  es el ángulo que forma el peso  $W$  con la línea entre el C.G. del balde y la chumacera.

Cuando la inclinación del balde alcanza los  $90^\circ$ , los polines de volteo sirven también como apoyos. Para efectos de cálculo, consideramos que la carga  $W$  se distribuye por igual entre 4 apoyos, dos chumaceras y dos polines.

El esfuerzo cortante en cada perno es:  $\tau_m = \frac{w_p}{A_{ts}} \leq [\tau]$

Donde  $w_p$  es la fuerza cortante del perno  $w_p = \frac{W \text{ sen } \theta}{4}$ , el número de

pernos será:  $n = \frac{\left(\frac{W \text{ sen } \theta}{4}\right)}{A_{ts} x [\tau]}$ ,  $[\tau] = 15,000/10$

Vemos que con  $n = 4$  pernos M14 x 1, se satisface las condiciones de esfuerzo cortante.

### **Base de Chumacera**

La plancha está sometida a esfuerzo de apriete (en la sección normal) y a esfuerzo de aplastamiento por el perno. Para el diseño consideramos

esfuerzo por aplastamiento:  $\sigma_{ap} = \frac{w_p}{d x t} \leq \frac{36,000}{10}$ , como tenemos 4 pernos

M14 x 1, cuyo diámetro  $d = 12.583 \text{ mm} = 0.5''$ ,  $t = 0.53'' \rightarrow t = 5/8''$

- **Columnas laterales / ASTM A36**

Sirven como columnas soporte del chasis y además son los elementos guía para el ascenso y descenso del sistema (ver *Fig. 3.10*), para cumplir con la segunda función se utilizan dos perfiles angulares separados una distancia ligeramente mayor al ancho de los maderos y un ala de 3". De manera que la sección transversal de las columnas consta de dos perfiles angulares de 3" x 3" y una plancha de un ancho de 352 mm, soportan carga de tracción.

El área de la sección transversal requerida para la carga de tracción es:

$$A = \frac{P/2}{[\sigma]}, \quad \text{ASTM A-36, } S_y = 36 \text{ ksi} \rightarrow [\sigma] = 3.6 \text{ Ksi} \rightarrow A = 2.14 \text{ pulg}^2$$

Del manual del AISC, seleccionamos para los perfiles angulares: L 3"x3"x 3/8" cuya sección transversal tiene un área de 2.11 pulg<sup>2</sup>. Esto significa que tenemos entre los dos perfiles un área de 4.22 pulg<sup>2</sup>.

Esta dimensión se selecciona para resistir probables impactos en las caras internas del perfil contra las guías de madera de los compartimientos del pique o pozo, durante el recorrido de la estructura.

- **Pernos de Fijación al chasis**

El tamaño y número de pernos, debido a la similitud de las condiciones de carga, se toma igual a los que se hallaron para las vigas de apoyo del guardacable: 3 pernos de 5/8"Ø en los extremos de cada perfil angular.

Espesor de la plancha, por esfuerzo de aplastamiento

$$t = \frac{7,700/2}{6 (3,600 \times d)} = 0.285 \text{ pulg}$$

Acero ASTM A36 de 5/16" de espesor y ancho  $b = 352$  mm, espaciamiento entre pernos:  $p = 60$  mm, y distancia al borde:  $d_b = 40$  mm

### 3.6. Selección de Cables

#### 3.6.1. Consideraciones y parámetros de Selección

La selección de un cable se basa en la seguridad, compatibilidad, duración y costo. La duración de un cable es función de: el número de viajes que ha de realizar, la construcción del mismo, dimensiones del winche y la polea, tipo de carga, la atmosfera del pique o pozo y el mantenimiento.

Se consideran dos tipos de cables para esta aplicación: round strand, flattened strand, ver propiedades típicas en los anexos.

El **cable round strand** consiste de un numero de torones (consistente de alambres circulares) que ovillan el núcleo o alma. Si tenemos un cable con la designación 6x27 FC, tiene 6 torones y 27 alambres por torón, FC refiere al alma. Este cable es flexible, pero los alambres se dañan fácilmente.

El **cable flattened strand** tiene alambres de forma triangular, así mas alambres hacen contacto con la polea, tiene mayor densidad y resistencia.

#### 3.6.2. Selección de los cables

Para seleccionar el cable, es necesario determinar la carga viva a la que está sujeta (ver página 46), agregar el peso del skip y del mineral, para finalmente usar un factor de seguridad que es función de la profundidad del pique o pozo:

Carga Viva.....	680.4 kg
Peso de Skip y Mineral.....	6,804.0 kg
Factor de Seguridad (304.8 m profundidad del pique).....	7.0
Carga de rotura solicitada para el cable.....	52,390.8 kg

Luego y con el uso de la *Tabla 3.1*, se selecciona un cable de 1 ¼" – 6x19, el mismo que tiene un peso lineal de: 3.72 kg/m, se realizan nuevamente los cálculos a fin de determinar si el factor de seguridad es aceptable.

**Tabla 3.1. CABLES DE IZAJE STANDARD \***  
6 Torones. 19 alambres por toron, 1 Alma de Cañamo

Diam- etro, in.	Aprox. Cir., in.	Aprox. Wt. Por ft, lb	Acero Fundido Extra strong		Arado de Acero		Especial	
			Tension de Rotura Tons	Costo † por pie	Tension de Rotura Tons	Costo † por pie	Tension de Rotura Tons	Costo † por pie
2 3/4	8 5/8	12.10	234	2.55	256	3.00	294	3.45
2 1/2	7 7/8	10.00	195	2.10	214	2.50	246	2.80
2 1/4	7 1/8	8.10	160	1.70	176	2.00	202	2.50
2 1/8	6 5/8	7.22	143	1.52	157	1.79	181	2.15
2	6 1/4	6.40	127	1.34	140	1.58	161	1.85
1 7/8	5 3/4	5.63	112	1.25	123	1.46	142	1.75
1 3/4	5 1/2	4.90	98	1.10	108	1.30	125	1.60
1 5/8	5	4.23	85	0.94	94	1.08	108	1.30
1 1/2	4 3/4	3.60	72.5	0.80	80.5	0.93	92.5	1.10
1 3/8	4 1/4	3.03	61.5	0.68	68	0.79	78.5	0.90
1 1/4	4	2.50	51	0.56	56.5	0.65	65	0.75
1 1/8	3 1/2	2.03	41.5	0.46	46	0.54	53	0.62
1	3	1.60	33	0.37	36.5	0.43	42	0.50
7/8	2 3/4	1.23	25.4	0.29	28	0.345	32.2	0.39
3/4	2 1/4	0.90	18.7	0.24	20.6	0.28	23.7	0.31
5/8	2	0.63	13.1	0.18	14.4	0.21	16.6	0.225
9/16	1 3/4	0.51	10.6	0.1575	11.7	0.1825	13.5	0.19
1/2	1 1/2	0.40	8.5	0.1375	9.4	0.16	10.8	0.17
7/16	1 1/4	0.31	6.6	0.12	7.3	0.14	8.4	0.155
3/8	1 1/8	0.28	5.0	0.11	5.5	0.13	6.3	0.145
5/16	1	0.16	3.5	0.1075	3.9	0.1225	4.5	0.135
1/4	3/4	0.10	2.3	0.105	2.5	0.12	2.9	0.13

\* Taken from Roebling's Sons Catalogue, Pacific Coast ed., Jan. 1. 1930, and American Steel and Wire Company Catalogue, May, 1931.

† The costs of these ropes are prewar

### 3.7. Selección de Poleas

#### 3.7.1. Consideraciones y parámetros de Selección

Las poleas son ruedas, pueden ser fabricadas en: una sola pieza de hierro fundido, el aro en hierro fundido y los rayos en hierro forjado, o en acero estructural soldado, posee un canal estriado, por donde pasa el cable.

El diámetro de la polea se mide entre bases de canales no entre extremos.

El canal debe tener un radio ligeramente mayor al del cable.

El canal debe estar revestido con bloques de madera o forros de acero.

La profundidad del canal y el ancho del aro son de 3.5 a 4 veces  $\varnothing$  cable.

Las poleas de un ancho mínimo deben ser usadas para reducir el efecto de la inercia sobre los cables al detenerse el winche.

Los rayos de la polea hacen un ángulo de  $7^\circ$  con el plano de la misma.

El eje de la polea va asegurado al cubo de la misma y soportada por chumaceras que llevan tapas a  $45^\circ$ . La presión no debe exceder 200 psi, para asegurar una adecuada lubricación.

El diámetro de la polea depende del tamaño y tipo de cable. Considerando un desgaste económico el ratio diámetro de cable vs diámetro de polea debe ser un mínimo de 1:75 - cable 6x19 y 1:125 - cable 6x7.

#### 3.7.2. Selección de las Poleas

Diámetro de cable seleccionado..... 1 ¼" – 6x19

Ratio (Diámetro Cable / Diámetro Polea)..... 1:75

Diámetro mínimo de Polea..... 93.75" o 2.38 m

De la *tabla* 3.2, escogemos una polea de 96" de diámetro, fabricada en hierro fundido, la misma que junto al eje y respectivas chumaceras tiene un peso de 3,030lb o su equivalente de 1,360.8 Kg.

**Tabla 3.2 POLEAS PARA CABLE REDONDO**

Diámetro, in	Tipo	Max diámetro de cable, in	Muñon		Peso, Polea única, lb	Peso completo con eje & chum., lb
			Diámetro in	Longitud, in		
16	Hierro Fund	5/8	1 1/2	.....	58	92
18	"	1/2	.....	.....	86	120
20	"	5/8	1 1/2	.....	85	139
24	"	5/8	.....	.....	115	190
24	"	3/4	1 3/4	.....	115	165
24	"	5/8	.....	.....	150	220
30	"	5/8	.....	.....	165	315
30	"	7/8	2	.....	150	200
30	"	3/4	.....	.....	175	300
36	"	1	3 1/2	8	350	607
36	"	7/8	.....	.....	275	400
36	"	7/8	.....	.....	155	225
36	"	7/8	2	.....	271	321
42	"	3/4	.....	.....	440	665
42	"	7/8	.....	.....	272	375
42	"	7/8	.....	.....	470	690
48	"	1	4	8	600	961
48	"	7/8	.....	.....	460	750
48	"	7/8	.....	.....	368	460
48	"	7/8	.....	.....	565	690
60	"	1	.....	.....	900	1,200
60	"	1	4 1/2	8	1,050	1,467
60	"	1	.....	.....	540	725
60	W-I arms	1 1/4	3 3/8	.....	.....	1,200
72	Hierro Fund	1 1/8	.....	.....	1,200	1,800
72	W-I arms	1	4 1/2	10	1,500	1,973
72	W-I arms	1 1/4	3 3/8	.....	1,440	2,040
84	Hierro Fund	1 1/8	.....	.....	1,530	2,400
84	W-I arms	1 1/8	5 1/2	10	2,000	2,764
84	Hierro Fund	1 1/8	.....	.....	1,535	2,300
84	W-I arms	1 1/2	4	.....	2,000	2,800
96	Hierro Fund	1 1/4	.....	.....	1,950	3,030
96	W-I arms	1 1/4	6	12	2,700	3,914
96	"	1 1/2	4	.....	2,450	3,450
120	"	1 3/8	7	13	3,500	5,160
120	"	.....	4	.....	3,600	5,000
144	"	1 1/2	8	15	6,100	8,070
144	"	.....	5	.....	4,500	6,000

### **3.8. Diseño de Castillo o Torre**

#### **3.8.1. Consideraciones y parámetros de diseño**

- Cargas Muertas
- Cargas Vivas
- Presión de viento
- Ubicación del winche de Izaje
- Dimensiones del Castillo o Torre
- Peso de carga izada (Skip o Jaula, contenido mas cable)
- El diseño propio del Castillo o Torre

#### **Cargas Muertas**

Se consideran los pesos del castillo y las poleas. El peso del castillo se estima considerando una estructura similar, luego se compara el peso obtenido, si este difiere demasiado del peso estimado, se desarrollan los cálculos nuevamente. La *tabla 3.3* ayudará a estimar el peso del castillo.

#### **Cargas Vivas**

Las cargas vivas son producto de las operaciones de Izaje, la mínima carga viva resulta de izar skips vacíos, también se tienen cargas vivas durante el izaje del skip cargado, la máxima carga viva resulta cuando durante el izaje del skip, este se atasca en el pique y el cable falla por rotura, la máxima carga viva dependerá entonces del esfuerzo de rotura del cable.

#### **Presión de Viento**

Consideramos al viento actuar en forma horizontal y ejerciendo una presión de 30 lb/pie<sup>2</sup>. El armazón se asume cerrado, tal que el área expuesta se calcula con las dimensiones exteriores del castillo. Si consideramos que el armazón no está cerrado, se usa un valor de 50 lb/pie<sup>2</sup>.

Se consideran tres las direcciones en las que actúa el viento:

Tabla. 3.3. DATA GENERAL PARA DIVERSOS PIQUES

Pique	Peso, lb.		Capacidad de Mineral del Skip, tons	Profundidad de Pique, ft.	Velocidad de Izaje, ft. Per mln.	Altura del Castillo ft.	Peso del Castillo lb.	Diametro de polea, ft.	Tamaño / tipo Cable izaje in. X in.	Tons por día
	Jaula	Skips								
Anaconda.....	4,000	8,500	5	2,800	2,200	58.82	74,700	10	7 1/2 x 1/2 flat	
Badger State.....	4,000	10,500	7	3500 *	2,800	129.5	256,000	12	1 7/8 dia.	
Belmont.....	4,000	10,500	7	3400*	2,600	129.5	256,000	12	1 7/8 dia.	
Belmont (old).....	3,800	8,900	5	3,400	2,250	114	Timber	10	7 1/2 x 1/2 flat	
Berkely.....	3,900	8,500	5	3,200	2,600	80	Timber	10	1 1/4 dia.	
Black Rock No. 1.....	3,800	10,000	10	2,800	2,600	152	250,000	10	1 1/2 dia.	
Black Rock No. 3.....	3,800	10,000	10	2,800	2,600	152	250,000	10	1 1/2 dia.	
Diamond.....	3,850	8,960	5	3,400	2,800	100	318,000	10	6 x 1/2 flat	
Elm Orlu.....	4,000	10,000	7	3,300	2,600	94	65,000	10	6 x 1/2 flat	
High Ore.....	3,850	8,960	5	3,400	2,600	100	292,000	10	6 x 1/2 flat	
Leonard.....	3,800	8,500	5	2,800	3,000	141	346,425	12	1 1/2 dia.	
Mountain Consolidated.....	4,000	10,500	7	3600*	2,800	129.50	256,000	12	1 7/8 dia.	
Mountain Consolidated (old).....	3,850	8,900	5	3,500	1,000	100	Timber	10	1 1/4 dia.	
Mountain View.....	4,000	11,000	5	2,600	2,200	80	183,000	7.5	7 x 1/2 flat	
Never Sweat.....	3,200	5,700	3.5	2,800	2,600	100	315,000	10	1 1/4 dia.	
Original.....	3,900	7,800	4	3,800	2,600	112	318,000	10	1 1/2 dia.	
Orphan Girl.....	3,050	No Skips	.....	1,000	1,500	70	79,000	7	1 dia.	
Pennsylvania.....	3,500	8,500	5	3,400	2,800	100	315,000	12	1 1/2 dia.	
Pittsmont.....	1,250	3,875	5	1,600	2,600	58.5	41,500	8	6 x 1/2 flat	
St. Lawrence.....	3,900	7,000	7	2,100	1,000	97	117,000	10	7 x 1/2 flat	
Speculator.....	2,100	11,000	5	2,800	2,200	50	42,200	10	1 1/2 dia.	
Stewart.....	3,800	8,500	5	3,800	2,800	100	292,000	10	1 1/2 dia.	
Tramway.....	3,850	8,500	5	2,800	2,800	100	315,000	12	1 1/2 dia.	
West Colusa.....	3,500	No Skips	.....	2,200	2,800	50	43,000	10	4 x 3/8 flat	
Elkton (Colo.).....	2,200	.....	7.6 †	.....	.....	55	.....	5	3 1/2 x 3/8 flat	
Cia. Minera De Peñoles (Mex.).....	.....	5,000	5	1,000	.....	90	80,000	7	1 1/8 dia.	
Tonopah - Belmont (Nev.).....	.....	.....	.....	1,420	1,000	75	63,000	7	1 dia.	
Cooper Queen (Ariz.).....	.....	5,990	1.85	1,700	.....	60	35,250	7	1 1/4	2000
Union Shaft (Nev.).....	1,200	.....	2	2,000	1,000	50	42,000	7	1 dia.	500
Basin and Bay State (Mont.).....	.....	.....	.....	.....	.....	70	79,000	10	1 1/4 dia.	
Quiney Rock House # 2 (Mich.).....	.....	10,000	168 cu. ft.	6,000	.....	119' 3"	839,000	12	1 1/2 dia.	2400

\* Instalacion de Izaje diseñada para 5100 ft.

† Esta es la carga de trabajo

- Contra la parte frontal transversal del armazón del castillo
- Contra la parte posterior transversal del armazón del castillo, y
- Contra la parte lateral del armazón del castillo.

### **Ubicación del Winche de Izaje**

La ubicación del winche determina la dirección de la resultante en el cable de izaje. La dirección ideal es la coincidente con puntal o miembro posterior del castillo. Adicionalmente se considera el fustigamiento que puede sufrir el cable debido al izaje, un nivel muy alto de fustigamiento puede provocar que la resultante caiga fuera del miembro posterior, en cuyo caso solamente el peso del castillo evitaría la volcadura del mismo.

Se determina primero la altura del castillo, luego el winche se ubica a una distancia del pique o pozo tal que el cable desde el tambor del winche hacia la polea forma un ángulo aproximado de  $45^\circ$  con la horizontal, el miembro posterior del castillo hace aproximadamente un ángulo de  $30^\circ$  con el miembro frontal. Esto permite un moderado esfuerzo de flexión en el cable, siempre y cuando el diámetro de la polea sea el adecuado.

### **Dimensiones del Castillo o Torre**

De lo anterior, se obtienen la altura y la distancia entre el miembro frontal y el miembro posterior. La distancia entre los miembros frontales es de 1 a 2 pulgadas por pie de longitud de los mismos, la razón entre la altura y el ancho del castillo es de un mínimo de 1.6 y va hasta un máximo de 3.0.

El ancho de la parte superior debe ser lo suficiente como para poder ubicar las poleas y los detalles estructurales correspondientes.

Si por alguna razón la distancia en la base se ve limitada a una cantidad fija, y la razón correspondiente no está dentro del rango recomendado, se debe revisar el caso de volcadura producto de la combinación de cargas de viento

y cargas muertas. La presión total del viento se asume como una carga concentrada actuante en la parte central. Finalmente si la resultante cae fuera de la base del castillo, los pernos de anclaje y los cimientos deben diseñarse para prevenir la volcadura del castillo.

### 3.8.2. Diseño del Castillo o Torre

Se diseñara un castillo tipo A, de acuerdo a los siguientes parámetros:

Profundidad del Pique o Pozo	=	304.8	m
Peso del Skip	=	2,268.0	kg
Peso de mineral	=	4,536.0	kg
Aceleración	=	0.98	m/s <sup>2</sup>
Peso Cable 1 1/4"	=	3.72	Kg/m
Peso del castillo	=	36,287.4	kg
Peso de una polea y Chumaceras	=	1,360.8	kg
Diámetro de la polea	=	2.4	m

El cable al pasar sobre la polea hace un ángulo de 40° con la horizontal. La presión del viento es 30 lb/pie<sup>2</sup> horizontal, el castillo se asume encajonado. El diseño se basa en los esfuerzos provocados por: cargas muertas, cargas vivas y de viento. Se seleccionaran los miembros frontales, posteriores, amarres y vigas de poleas. Ver arreglo general en la *fig. 3.11*.

#### Carga Muerta

La carga muerta resulta del peso del castillo mas las poleas. Así tenemos:

$$\text{Carga Total} = \frac{36,287.4}{2} + 1,360.8 = 19,504.5 \text{ kg}$$

Esta carga se distribuye sobre los puntos del panel lateral, se tienen 12 puntos, dos en el extremo superior (ápice) del castillo.

$\frac{18,143.7}{12} = 1,511.9 \text{ kg}$  Consideramos 1,542.2 kg sobre cada punto del panel  
Sobre el ápice se añaden el peso de la polea mas chumaceras, considerando el peso de 1,360.8 kg, se tiene entonces:

$$\text{Carga en el ápice} = 2 \times 1,542.2 + 1,360.8 = 4,445.2 \text{ kg}$$

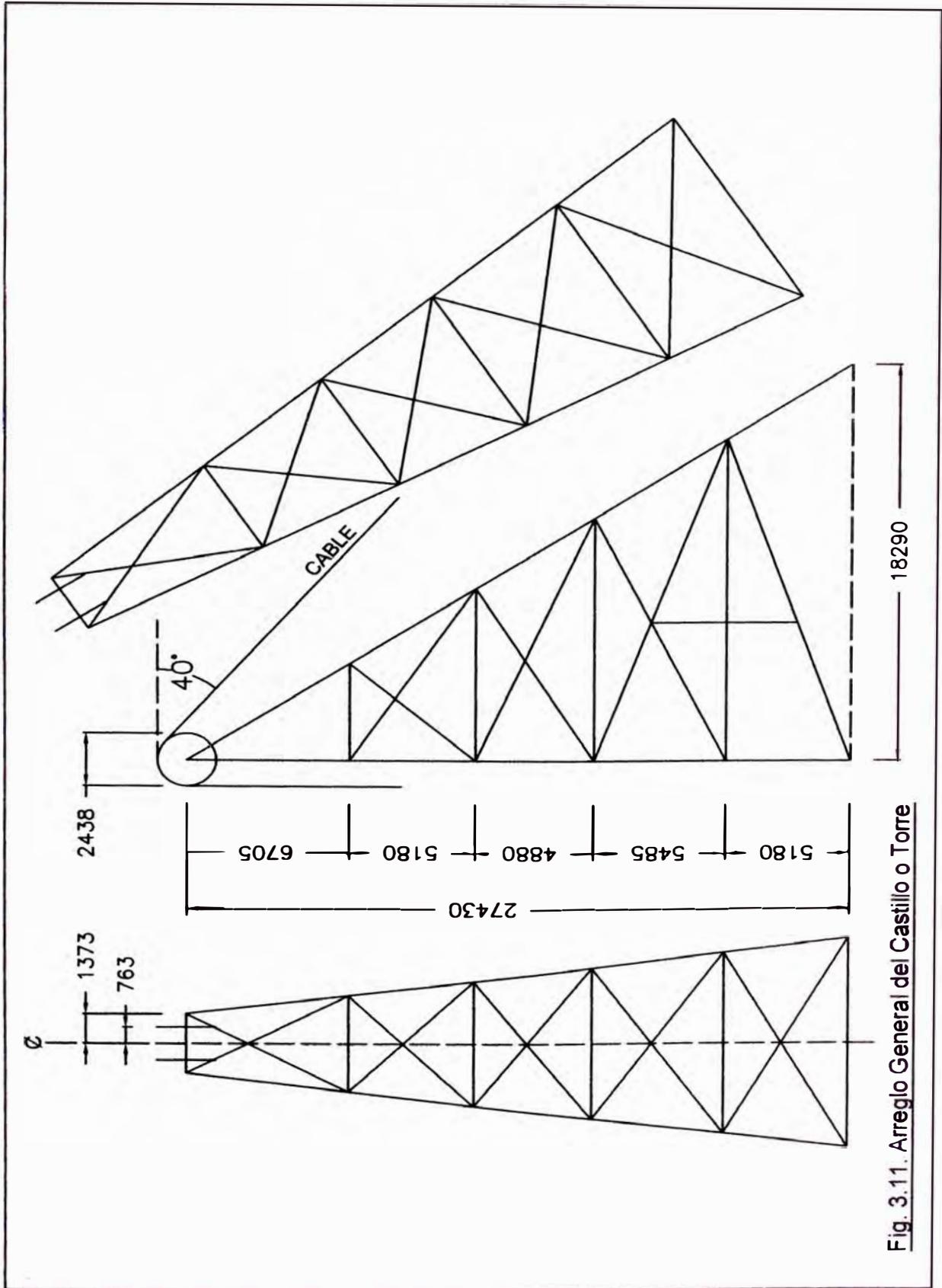


Fig. 3.11. Arreglo General del Castillo o Torre

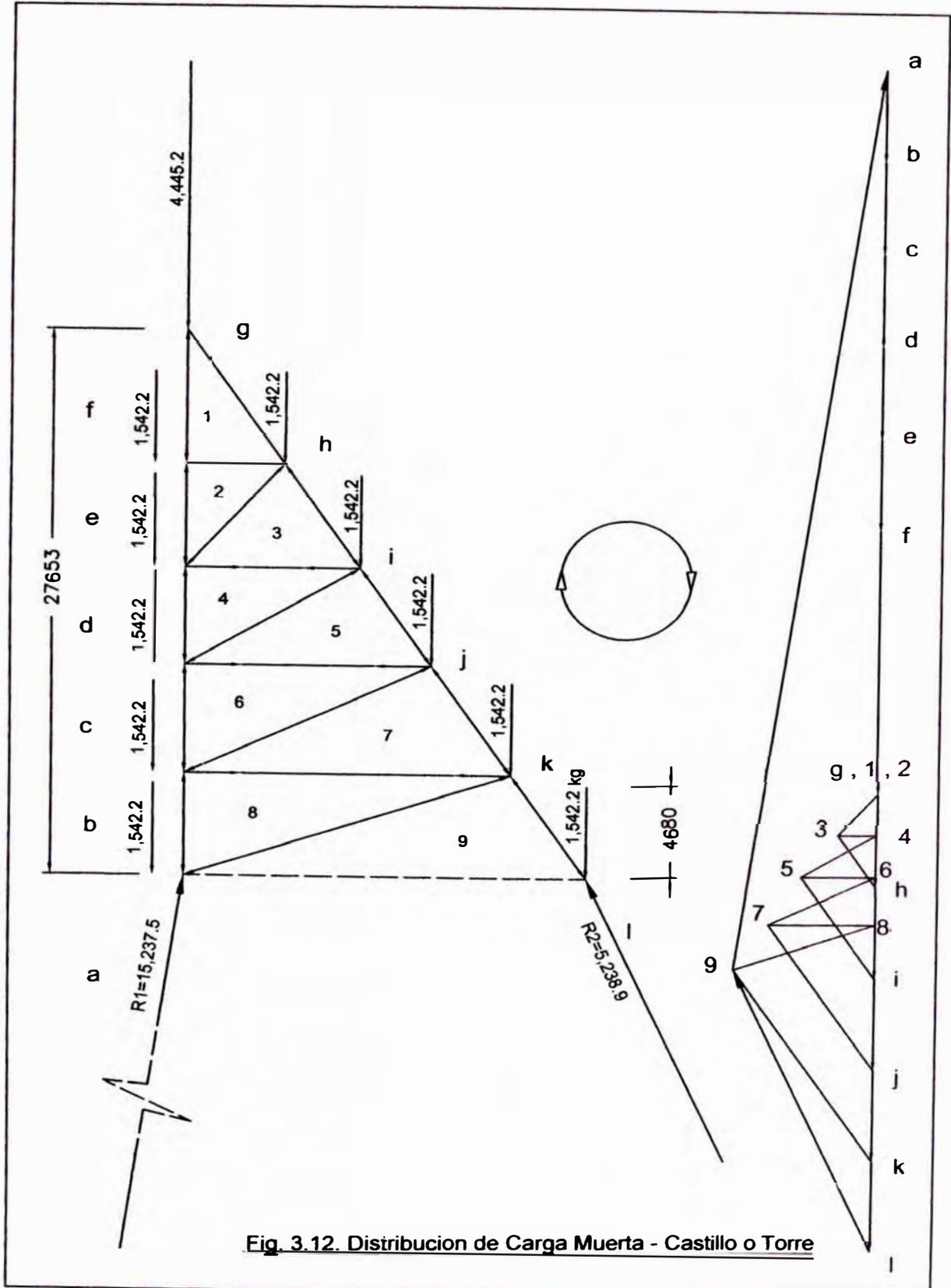
La *fig. 3.12* muestra la distribución de la carga. Se considera la longitud de los miembros principales y no la proyección vertical de 27,430 mm. Se considera que solamente el bastidor en forma de "A" toma la carga muerta. Se designan las fuerzas con letras y en sentido horario, y se denotan las secciones del panel con números.

Se elige un punto, sobre el cual no más de dos fuerzas desconocidas actúan. En el ápice la fuerza  $f_g$  es equilibrada por los esfuerzos  $1-f$  y  $g-1$ . La línea de carga es colocada fuera como se muestra en la figura. El esfuerzo  $1-f$  intercepta  $g-1$ . Desde  $f$  en el diagrama de esfuerzos,  $1-f$  se traza paralela, desde  $g$ ,  $g-1$  se traza para interceptar  $1-f$ . Encontrando que  $g-1$  tiene esfuerzo cero. Ahora en el punto entre  $e$  y  $f$ , aquí fuerza y esfuerzo conocidos son  $e-f$  y  $1-f$ . Los esfuerzos desconocidos son  $1-2$  y  $2-e$ . Se traza la línea  $1-2$  para interceptar  $2-e$ . Nuevamente se encuentra que uno de los miembros ( $1-2$ ) es cero. El miembro frontal es vertical y consecuentemente está en una posición estable.

No es necesario la parte superior del miembro posterior para mantener el equilibrio, resultando así que no hay esfuerzo en  $g-1$  o  $1-2$ .

Continuando con el punto del panel entre  $gh$ , tenemos que la fuerza  $gh$  y los esfuerzos  $g-1$  y  $1-2$  son conocidos. Manteniendo estas en equilibrio están los dos esfuerzos  $h-3$  y  $3-2$ . Se traza la línea  $h-3$  para interceptar  $3-2$ , localizando así el punto  $3$ . A continuación lo mismo con  $de$ . Hay dos esfuerzos desconocidos  $3-4$  y  $4-d$ . Se continúa el procedimiento, alternando de un lado al siguiente hasta conseguir el punto 9.

Las reacciones son  $l-9$  y  $9-a$ . En el diagrama de fuerzas 9 conecta a  $l$  y  $a$ . Se registran las distancias y se multiplican por el factor ( $1,542.2 \text{ kg} = 4,680 \text{ mm}$ ) obteniéndose así la magnitud de  $R_1$  y  $R_2$ .



A continuación se determinan los sentidos de los esfuerzos alrededor del punto hi. Procediendo en el sentido horario, la fuerza hi esta alrededor del punto; i-5 esta alrededor del punto (compresión); 5-4 esta alrededor del punto (compresión); 4-3 está alejado del punto (tensión); 3-h esta alrededor del punto (compresión).

### **Carga Viva**

Antes de determinar la carga viva, se selecciona el cable de izaje, encontrando la carga por aceleración sobre el mismo:

$$F = ma = \frac{W}{g} a \qquad F = \frac{2,268 + 4,536}{9.8} * 0.98 = 680.4 \text{ kg}$$

Entonces la tensión total debido al skip, mineral y aceleración es:

$$6,804.0 + 680.4 = 7,484.4 \text{ kg}$$

Dado que el pique tiene 304.8 m de profundidad, usaremos un factor de seguridad de 7 (*tabla 3.4*). El esfuerzo de rotura del cable seria de:

$$7 \times 7,484.4 = 52,390.8 \text{ kg}$$

De la *tabla 3.5*, seleccionamos un cable 1 ¼", el cual tiene un esfuerzo de rotura de 58,967.0 kg, y un peso lineal de 3.72 kg/m.

$$\text{Peso del cable} = (304.8 + 27.43) \times 3.72 = 1,235.9 \text{ kg}$$

$$F = \frac{1,235.9}{9.8} * 0.98 = 123.6 \text{ kg}$$

$$\text{La carga total debido al cable} = 1,235.9 + 123.6 = 1,359.5 \text{ kg}$$

La carga total sobre el cable es  $7,484.4 + 1,359.5 = 8,843.9 \text{ kg}$  lo cual requiere un cable con un esfuerzo de rotura de:  $7 \times 8,843.9 = 61,907.3 \text{ kg}$ .

El cable 1 ¼" nos da un factor de seguridad de:

$$\frac{58,967.0}{8,843.9} = 6.67, \text{ lo cual es aceptable}$$

**Tabla 3.4. FACTOR DE SEGURIDAD P/ CABLES DE IZAJE P/ DIVERSAS PROFUNDIDADES DE PIQUES**

Longitud del cable, ft.	Factor de seguridad minimo para cable nuevo	Factor de seguridad minimo cuando el cable debe ser desechado	Porcentaje de reduccion
500 or less	8	6.4	20
500 to 1000	7	5.8	17
1000 to 2000	6	5.0	16.5
2000 to 3000	5	4.3	14
3000 and over	4	3.6	10

**Tabla 3.5. CABLES DE IZAJE STANDARD\***  
6 Torones, 19 alambres por toron, 1 Alma de Cañamo

Diametro, in.	Aprox. Cir., in.	Aprox. Wt. Por ft, lb	Acero Fundido Extra strong		Arado de Acero		Especial	
			Tension de Rotura Tons	Costo † por pie	Tension de Rotura Tons	Costo † por pie	Tension de Rotura Tons	Costo † por pie
2 3/4	8 5/8	12.10	234	2.55	256	3.00	294	3.45
2 1/2	7 7/8	10.00	195	2.10	214	2.50	246	2.80
2 1/4	7 1/8	8.10	160	1.70	176	2.00	202	2.50
2 1/8	6 5/8	7.22	143	1.52	157	1.79	181	2.15
2	6 1/4	6.40	127	1.34	140	1.58	161	1.85
1 7/8	5 3/4	5.63	112	1.25	123	1.46	142	1.75
1 3/4	5 1/2	4.90	98	1.10	108	1.30	125	1.60
1 5/8	5	4.23	85	0.94	94	1.08	108	1.30
1 1/2	4 3/4	3.60	72.5	0.80	80.5	0.93	92.5	1.10
1 3/8	4 1/4	3.03	61.5	0.68	68	0.79	78.5	0.90
1 1/4	4	2.50	51	0.56	56.5	0.65	65	0.75
1 1/8	3 1/2	2.03	41.5	0.46	46	0.54	53	0.62
1	3	1.60	33	0.37	36.5	0.43	42	0.50
7/8	2 3/4	1.23	25.4	0.29	28	0.345	32.2	0.39
3/4	2 1/4	0.90	18.7	0.24	20.6	0.28	23.7	0.31
5/8	2	0.63	13.1	0.18	14.4	0.21	16.6	0.225
9/16	1 3/4	0.51	10.6	0.1575	11.7	0.1825	13.5	0.19
1/2	1 1/2	0.40	8.5	0.1375	9.4	0.16	10.8	0.17
7/16	1 1/4	0.31	6.6	0.12	7.3	0.14	8.4	0.155
3/8	1 1/8	0.28	5.0	0.11	5.5	0.13	6.3	0.145
5/16	1	0.16	3.5	0.1075	3.9	0.1225	4.5	0.135
1/4	3/4	0.10	2.3	0.105	2.5	0.12	2.9	0.13

\* Taken from Roebling's Sons Catalogue, Pacific Coast ed., Jan. 1. 1930, and American Steel and Wire Company Catalogue, May, 1931.

† The costs of these ropes are prewar

Consideramos una carga de trabajo de 8,843.9 kg. Las cargas vivas serán determinadas en base a tres condiciones de carga y rotura del cable:

Caso 1. Dos skips con carga.

Caso 2. Un skip vacío, un skip cargado y rotura de un cable. Bajo esta condición es más probable que el castillo falle, por atascamiento del skip.

Caso 3. Rotura de ambos cables.

Del diagrama de fuerzas relativo al cable, se determina el valor y la dirección de la resultante, la *fig. 3.13* muestra la determinación de la resultante, y la *tabla 3.6* nos da los valores resultantes para las diversas condiciones.

**Tabla 3.6. Fuerzas Resultantes**

Carga	S, kg	F, kg
Skip vacío	2,268.0	4,128.0
Carga de trabajo	8,843.9	16,096.0
Carga de tensado	58,967.0	107,320.0

Los valores de F son las fuerzas actuantes sobre las poleas. Tomando momentos en los extremos de la viga maestra, se determinan las reacciones, el ancho de la parte superior del castillo se considera igual a la longitud de la viga maestra. La *fig.3.14* muestra la viga bajo estas consideraciones. Las fuerzas son denotadas por F1 y F y las reacciones por P1 y P, la *tabla 3.7* muestra los valores.

**Tabla 3.7. Fuerzas actuantes sobre el Castillo tipo A (kg)**

Caso	F1	F	P1	P	E <sub>1</sub>	E
1	16,096.0	16,096.0	16,096.0	16,096.0	16,226.0	16,226.0
2	4,128.0	107,320.0	27,060.0	84,388.0	27,278.0	85,069.0
3	107,320.0	107,320.0	107,320.0	107,320.0	108,185.5	108,185.5

P y P<sub>1</sub> se encuentran tomando momentos en los extremo de la viga sobre la cual las fuerzas F1 y F están actuando.

En el caso 1, la carga esta uniformemente distribuida, tal que:

$$P_1 = P = F_1 = F$$

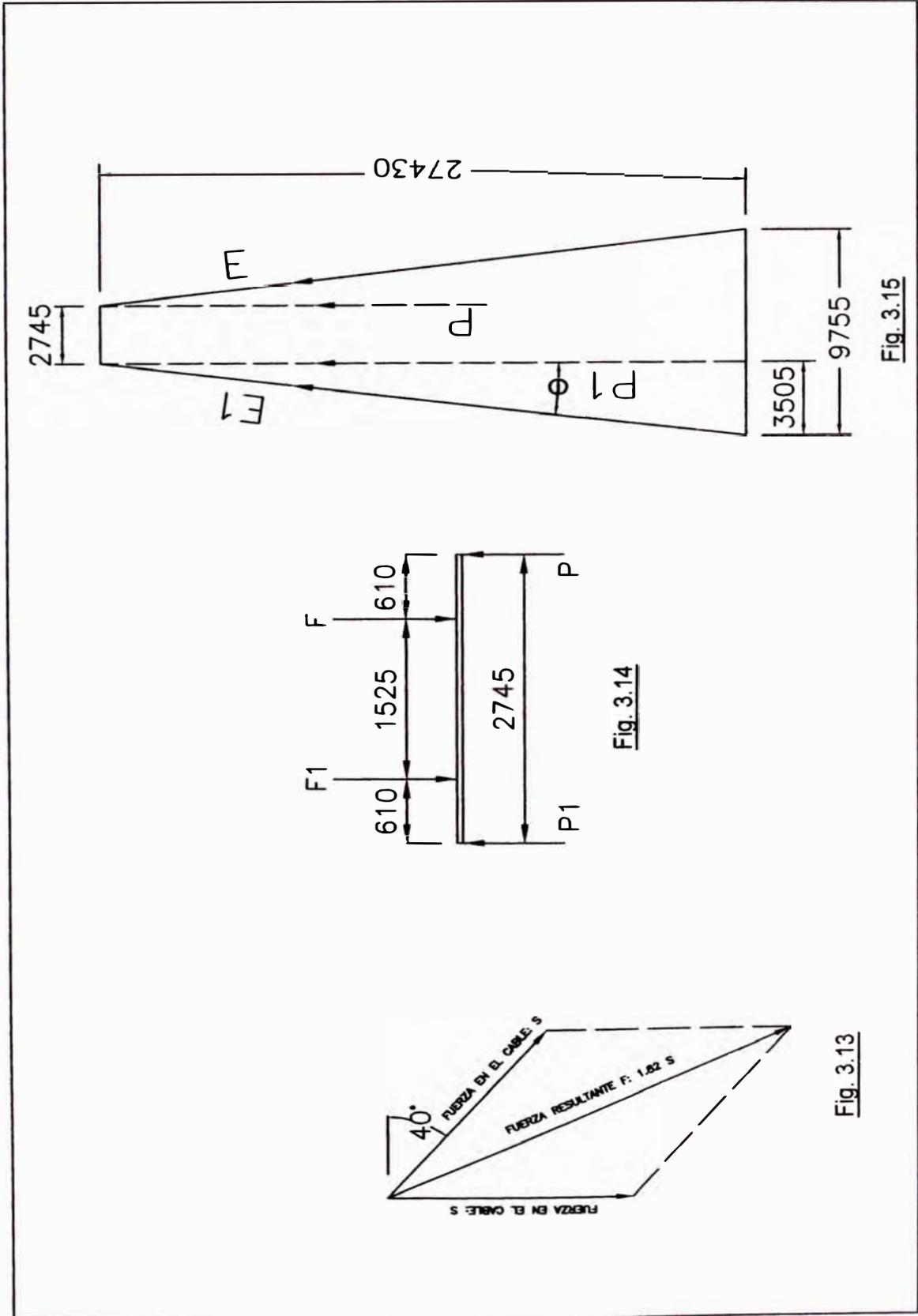


Fig. 3.15

Fig. 3.14

Fig. 3.13

En el caso 2, se toman momentos en los extremos, encontrando que:

$$P_1 = 27,060.0 \text{ kg} \quad P = 84,388.0 \text{ kg}$$

En el caso 3, La carga esta uniformemente distribuida tal que:

$$P_1 = P = F_1 = F$$

Las reacciones  $P_1$  y  $P$  son verticales. Estas deben ser resueltas dentro del plano del bastidor tipo A, dando así los valores para  $E_1$  y  $E$ . Para mayor detalle ver la *fig. 3.15*.

$$E_1 = \frac{P_1}{\cos \theta} \quad E = \frac{P}{\cos \theta}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{3,505}{27,430}\right) = 7^{\circ}16' \quad \cos 7^{\circ}16' = 0.992$$

Caso 1. 
$$E_1 = E = \frac{16,096}{0.992} = 16,226.0 \text{ kg}$$

Caso 2. 
$$E_1 = \frac{27,060}{0.992} = 27,278.0 \text{ kg} \quad E = \frac{84,388}{0.992} = 85,069.0 \text{ kg}$$

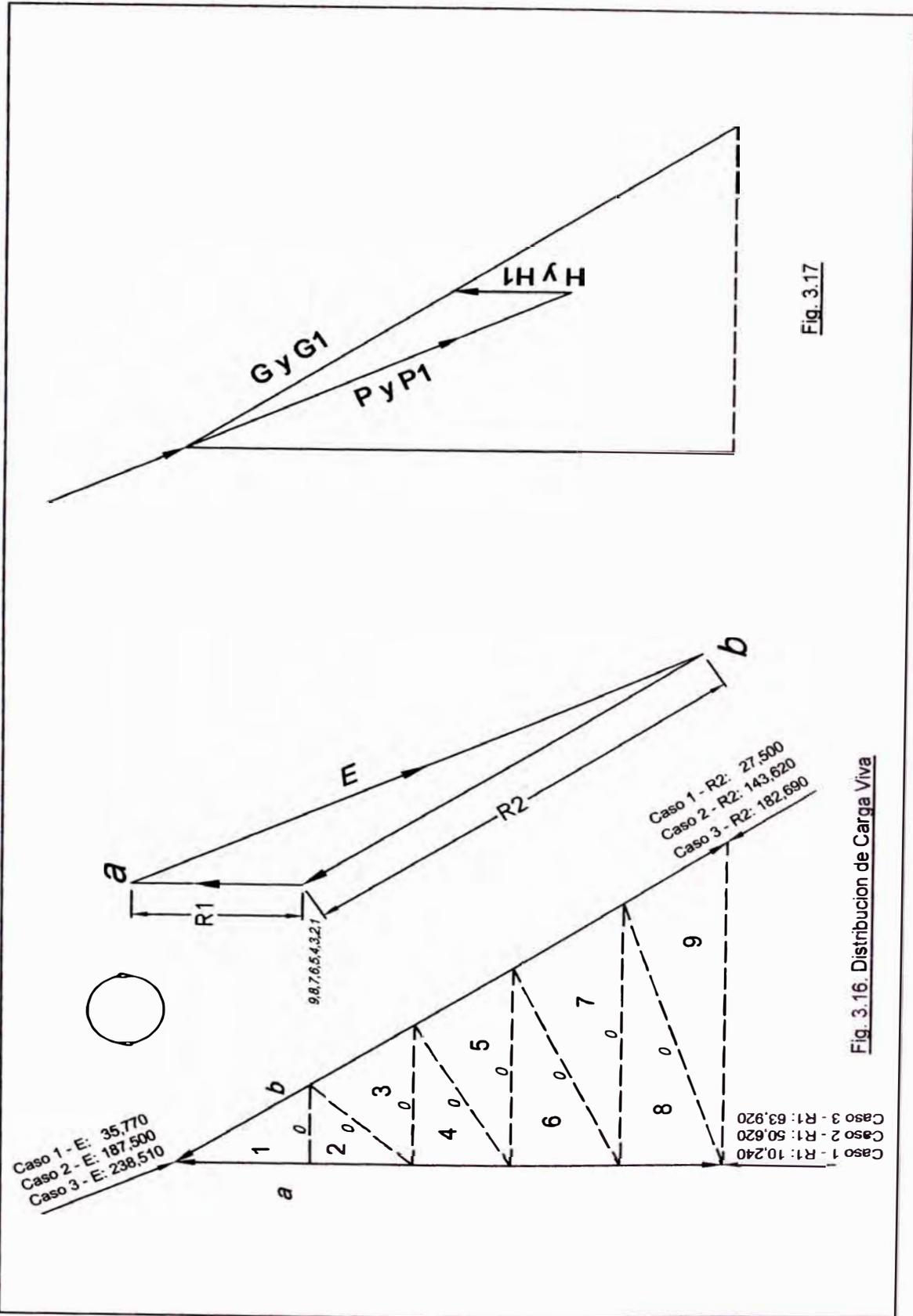
Caso 3. 
$$E_1 = E = \frac{107,320}{0.992} = 108,185.5 \text{ kg}$$

### **Esfuerzos por Carga Viva en el bastidor tipo A**

La *fig. 3.16* muestra la determinación de los esfuerzos por carga viva en el bastidor tipo A. Solamente los valores máximos en cada caso serán usados. La dirección de  $E$  es la misma que  $F$  en la *fig. 3.13*. La línea de carga  $ab$  es colocada fuera a una escala conveniente y los tres casos serán determinados por medio de un diagrama de esfuerzos.

### **Esfuerzos por Carga Viva en los bastidores transversales del Castillo**

Previo a la solución de los esfuerzos por carga viva en los bastidores transversales del castillo,  $P_1$  y  $P$  para el caso 2 deben ser resueltos dentro de los planos de los bastidores transversales del castillo, ver *fig. 3.17*.



En la figura H1 y H son los componentes en dirección del bastidor transversal frontal del castillo. G1 y G los componentes en dirección del bastidor transversal posterior.

Para la solución de los bastidores transversales del castillo, se asume que los componentes máximos de H y G actúan sobre el lado izquierdo del bastidor, como muestran las *fig. 3.18* y *3.19*. De otro modo los esfuerzos en los amarres tendrán signos invertidos a los mostrados. El caso 2 involucra mínima y máxima carga, siendo este suficiente. De la *fig. 3.17* se obtiene:

H1	=	7,527.0	kg
H	=	23,476.0	kg
G1	=	20,481.0	kg
G	=	63,848.0	kg

La solución del bastidor transversal frontal *fig. 3.18*, es similar a la del bastidor posterior. La línea de carga abc es colocada fuera a escala. Por inspección encontramos que dos esfuerzos desconocidos, b-10 y 10-a equilibran la fuerza ab. Desde a, 10-a es trazada interceptando b-10, obteniendo 10. Luego el esfuerzo b-10 y la fuerza bc son mantenidos en equilibrio por los esfuerzos C-11 y 11-10. La línea 11-10 intercepta C-11, encontrando 11. Seguido se retorna al otro lado del bastidor donde encontramos que los esfuerzos conocidos a-10 y 10-11 son mantenidos en equilibrio por los esfuerzos 11-12 y 12-a, y así la solución continua hasta ubicar el punto 19. Encontramos que el esfuerzo C-19 es mantenido en equilibrio por la reacción cd y el esfuerzo d-19. El punto d cae sobre la línea de carga, dividiendo esta en cd y da los cuales dan las reacciones R1 y R2 respectivamente. Los sentidos de los esfuerzos se determinan como en anteriores casos.

La *fig. 3.19* detalla el caso del bastidor transversal posterior del castillo.

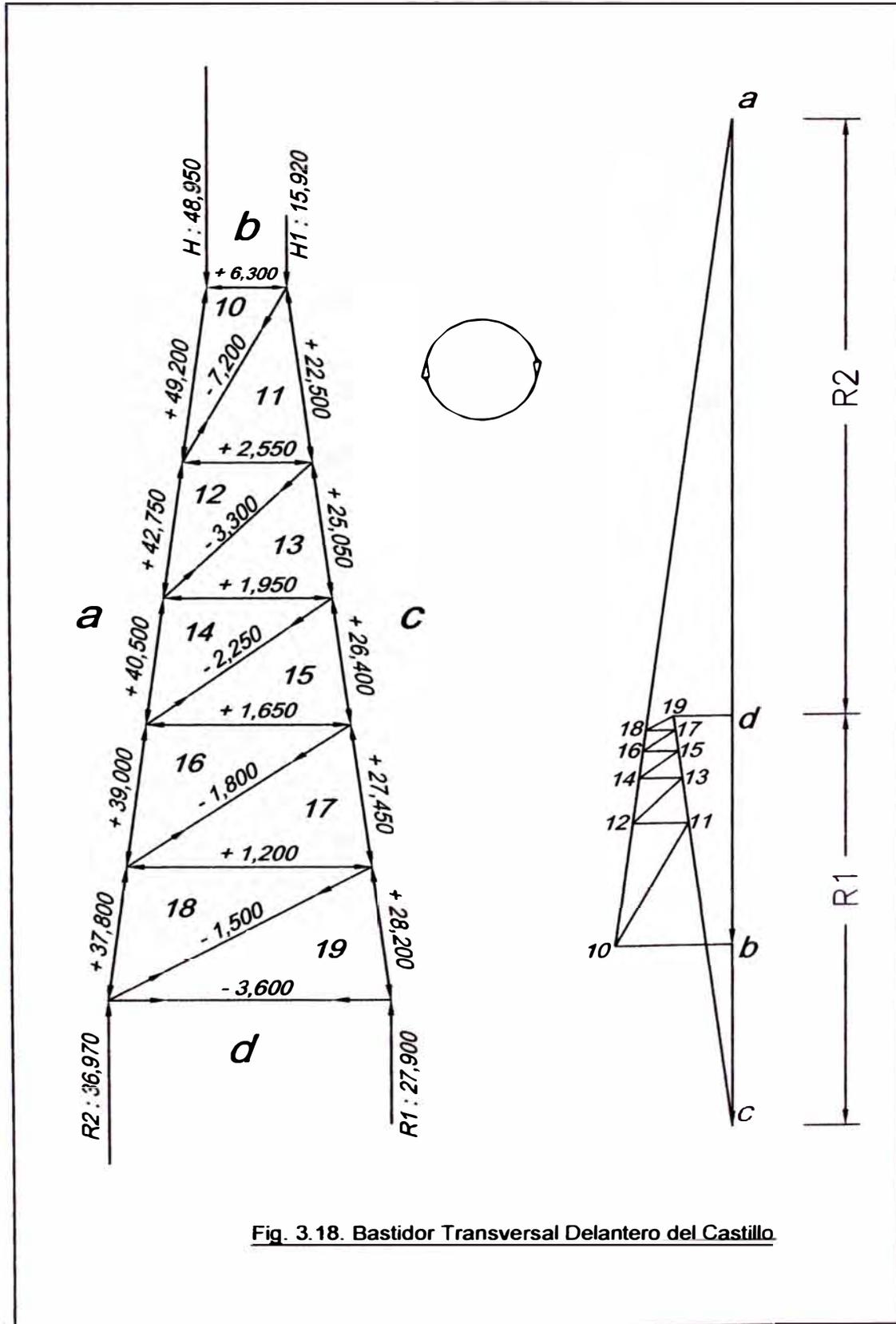


Fig. 3.18. Bastidor Transversal Delantero del Castillo.

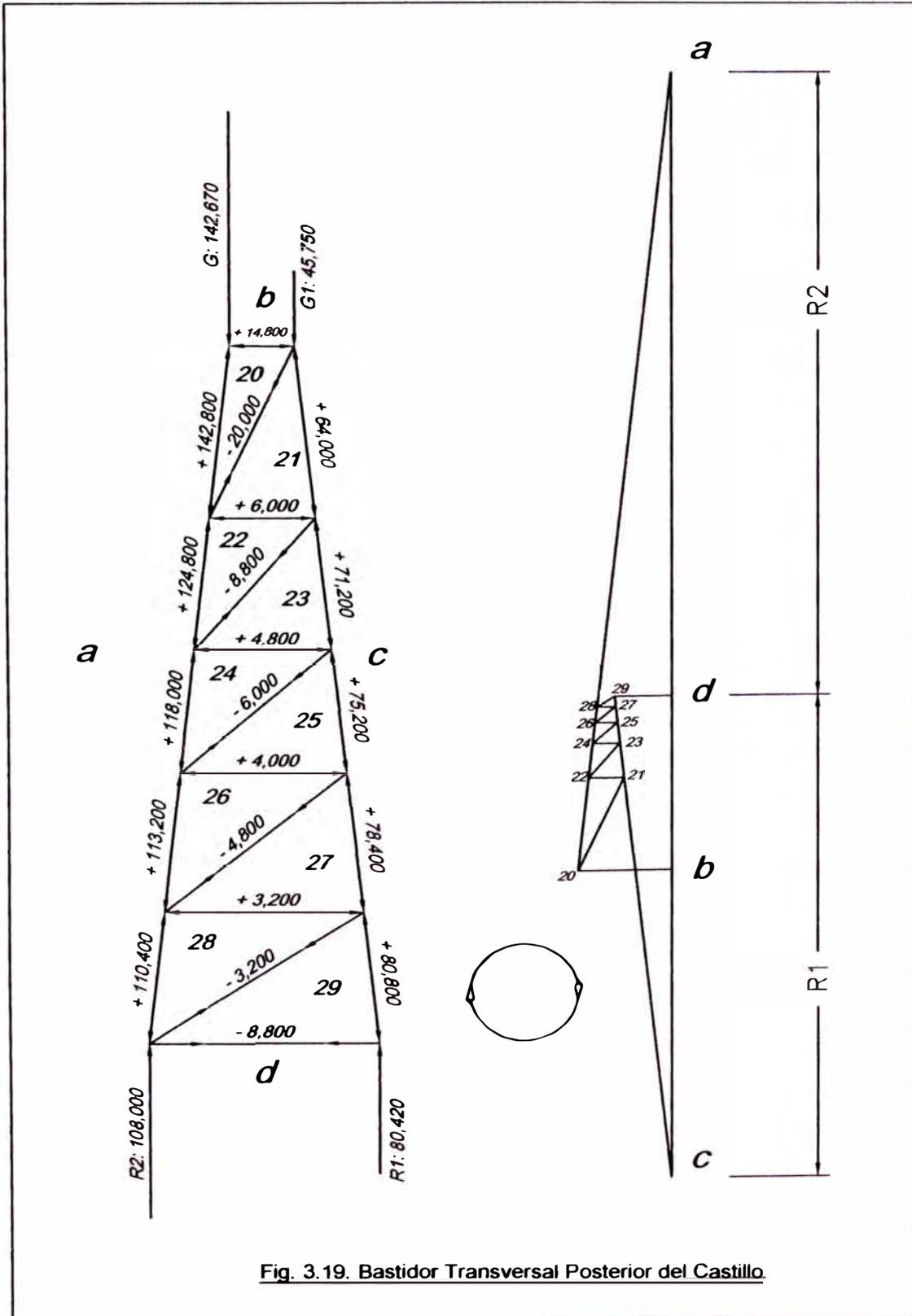


Fig. 3.19. Bastidor Transversal Posterior del Castillo.

### **Esfuerzos por Cargas de Viento**

El castillo se asume encerrado con el propósito de determinar los esfuerzos por viento. Se considera una presión de viento de  $30 \text{ lb/pie}^2$  de superficie vertical. Se tienen cuatro casos:

**Caso 1.** El viento actúa sobre el bastidor tipo A, y los esfuerzos en el bastidor transversal frontal son determinados.

**Caso 2.** Similar al caso 1, excepto que los esfuerzos en el bastidor transversal posterior son encontrados.

**Caso 3.** El viento actúa en el bastidor transversal posterior y los esfuerzos resultantes en el bastidor tipo A son determinados.

**Caso 4.** Similar al caso 3, pero con el viento actuando sobre el bastidor transversal frontal.

La acción del viento se asume sobre los puntos del panel. Se determinan previamente las áreas de las diversas superficies resistentes al viento y las respectivas presiones sobre estas. Se considera la mitad de las áreas de los dos bastidores transversales para determinar los esfuerzos en el bastidor tipo A (caso 3 y 4).

Se trazan las tres vistas del castillo (*fig. 3.11*), luego se construyen los trapecios, lo mismo se hace con el bastidor tipo A (área entera). La presión del viento sobre el bastidor transversal posterior es la misma que sobre el frontal ya que las proyecciones verticales son iguales. Respecto a los bastidores transversales, la mitad de la presión sobre cada bastidor se considera sobre cada punto del panel.

El punto del panel más alto tendrá una fuerza actuante sobre esta igual a la mitad de la presión sobre el panel inmediatamente inferior. El siguiente punto del panel tendrá una fuerza igual a la mitad del panel superior más la

mitad del panel superior más la mitad del siguiente panel, el resto de manera similar.

En el caso del bastidor tipo A, el panel superior es triangular y la fuerza sobre el ápice es un tercio de la presión. La fuerza sobre el punto del siguiente panel inferior es  $1/3$  del área triangular más  $1/4$  del siguiente panel (hay cuatro puntos de panel soportando esta área). De manera similar se encuentran el resto de fuerzas. Las fuerzas sobre cualquier lado del bastidor son soportadas por el bastidor en ángulo recto al mismo.

La solución para el caso 1 se muestra en la *fig. 3.20*. Si el miembro 19-h esta a la izquierda en la estructura, la cual usualmente se hace. Asumimos que la presión total del viento  $H$  sobre el lado de la construcción, es compensada por  $H/2$  actuando sobre cada columna. Las magnitudes de las componentes vertical y horizontal de cada reacción se asumen iguales. La línea de carga abcdefg es colocada fuera en orden horario, empezando con la fuerza ab y terminado con la fuerza fg. Sobre el punto de panel fg, hay dos esfuerzos desconocidos, g-10 y 10-f. La línea g-10 se traza paralela al esfuerzo g-10 e intercepta 10-f. Encontrando que el punto 10 coincide con f, tal que el esfuerzo en 10-f es cero. A continuación encontramos que el esfuerzo conocido 10-g es equilibrado por los esfuerzos g-11 y 11-10. Luego se encuentra la intersección en 11. Sobre el punto de panel ef la fuerza ef y los esfuerzos f-10 y 10-11 son conocidos. Se encuentran los esfuerzos 11-12 y 12-e. La solución continúa hasta encontrar la intersección sobre 19. Para determinar h-19 y las reacciones  $R_1$  y  $R_2$ , la fuerza total actuante sobre los puntos del panel está de acuerdo con la suposición previamente hecha, mantenido en equilibrio por la mitad de esta fuerza actuante sobre la base de cada uno de los soportes. La línea de carga es bisecada, dando así

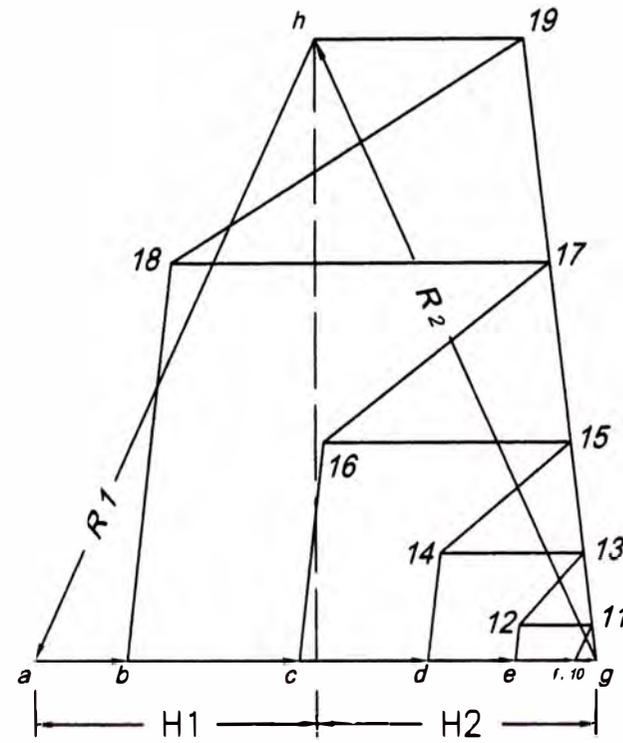
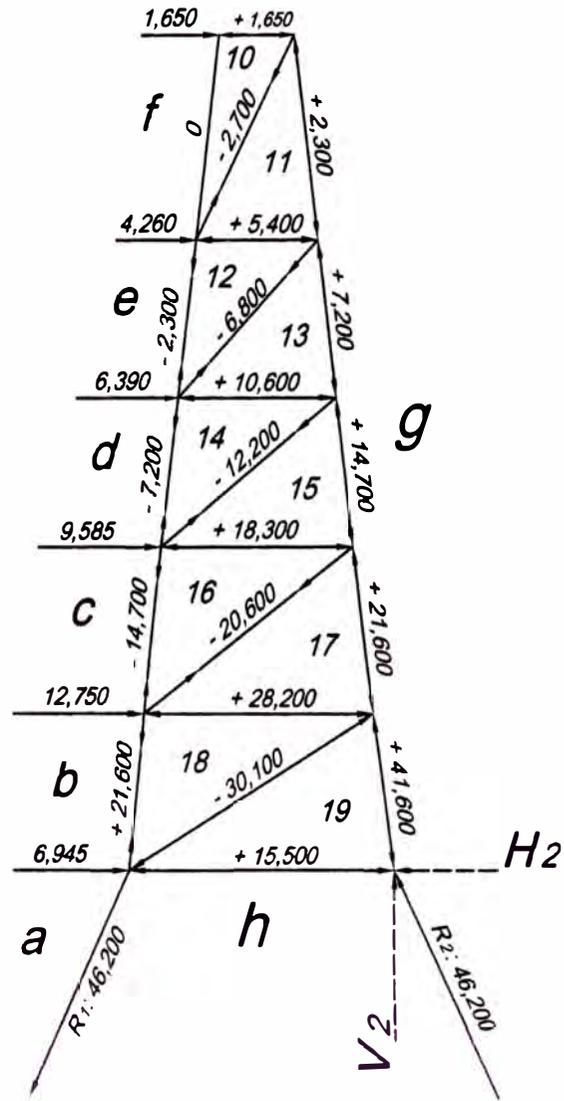


Fig. 3.20. Bastidor Transversal Delantero

dos componentes horizontales iguales y una perpendicular (componentes verticales) que interceptan h-19. Estableciendo así el punto h.

Las dos reacciones son  $g_h = R1$  y  $h_a = R2$ , y  $R1 = R2$  en magnitud.

Los esfuerzos en el bastidor transversal posterior del castillo (caso 2) son mostrados en la *fig. 3.21*. La solución del caso 3 se muestra en la *fig.3.22*.

La línea de carga es desarrollada como muestra el diagrama de esfuerzos.

La determinación de los esfuerzos inicia sobre el ápice o punto ab del panel.

La fuerza conocida ab es equilibrada por los esfuerzos b-1 y 1-a. Seguido encontramos que a-1 está en equilibrio con 1-2 y 2-a. El esfuerzo en 1-2 es cero.

Los esfuerzos sobre el punto bc del panel son ahora hallados. No hay miembro conector en la parte inferior de los dos miembros principales, se determinan las reacciones sin suposición alguna, como en los bastidores transversales. Las reacciones son  $g_9 = R2$  y  $9_a = R1$ .

La *fig. 3.23* muestra el caso 4 con el viento sobre el frente del bastidor tipo A, de manera similar el procedimiento se desarrolla como en el caso 3.

### **Resumen de Esfuerzos**

La *tabla 3.8* muestra una tabulación de carga muerta, carga viva y esfuerzos por carga de viento para varios casos.

### **Selección de los miembros para el Castillo o Torre**

Los esfuerzos permisibles para el acero estructural, del cual el castillo está fabricado, son:

$$Tension = 18,000 \text{ lb/pulg}^2, \quad Compresion = 18,000 - 60 \left( \frac{l}{r} \right)$$

El material usado no deberá tener espesores menores a 5/16".

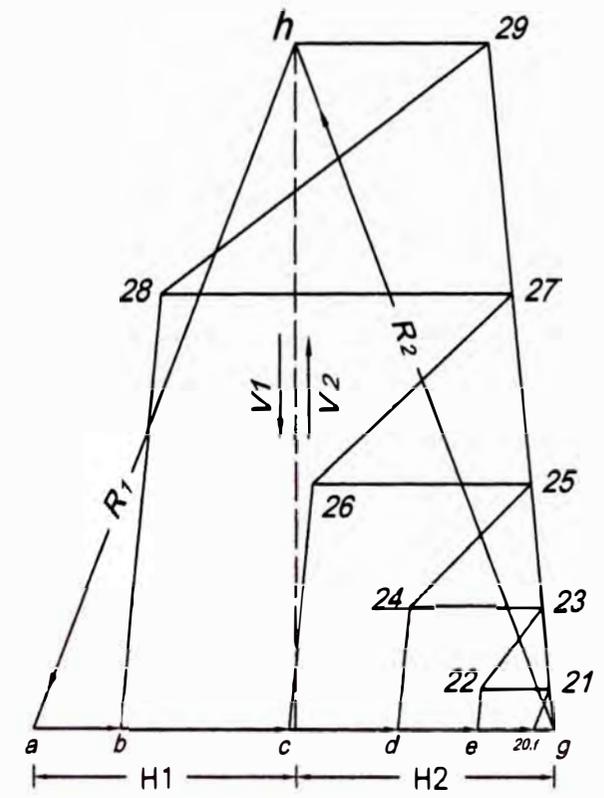
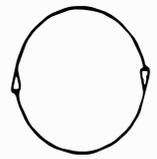
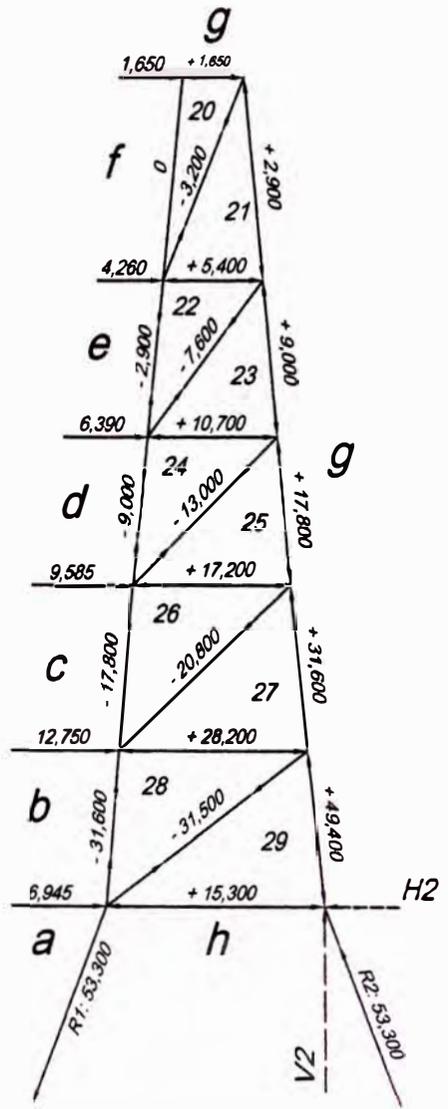


Fig. 3.21. Bastidor Transversal Posterior.

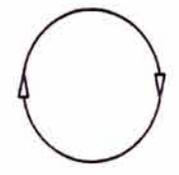
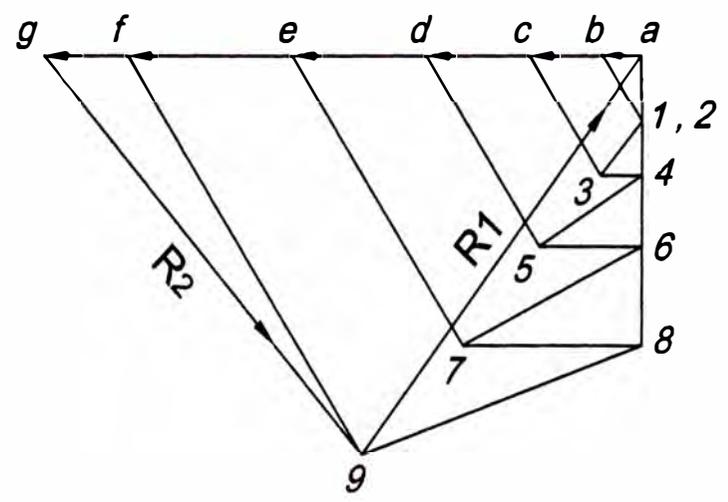
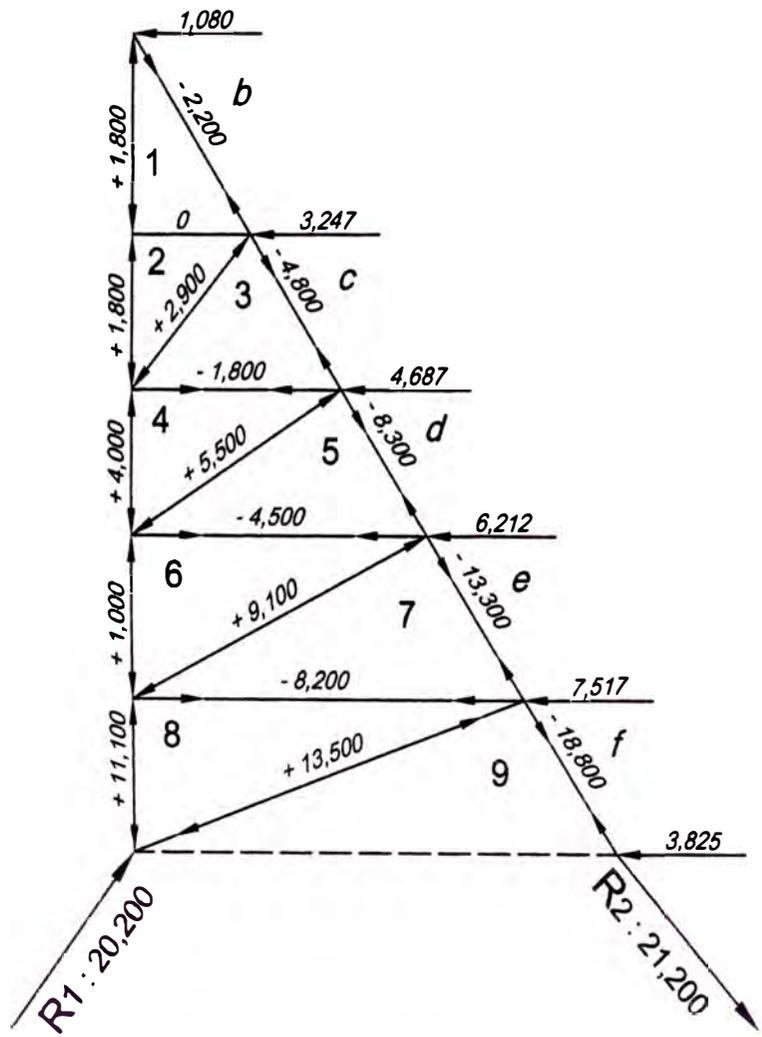


Fig. 3.22. Carga de Viento - Caso 3

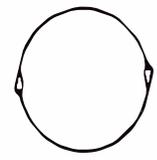
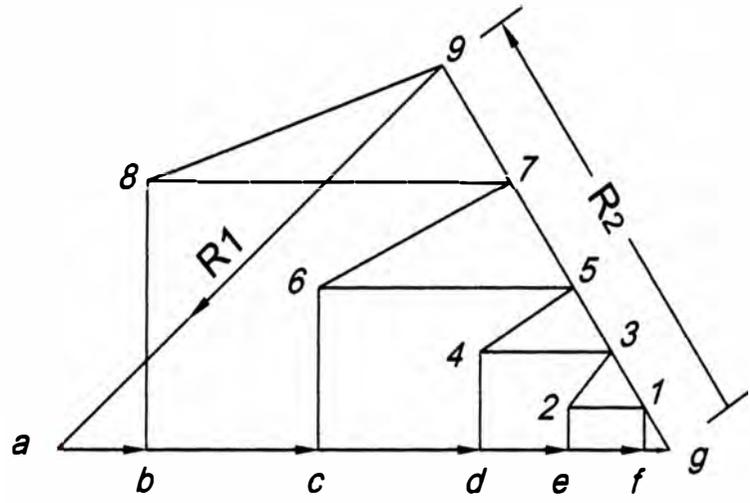
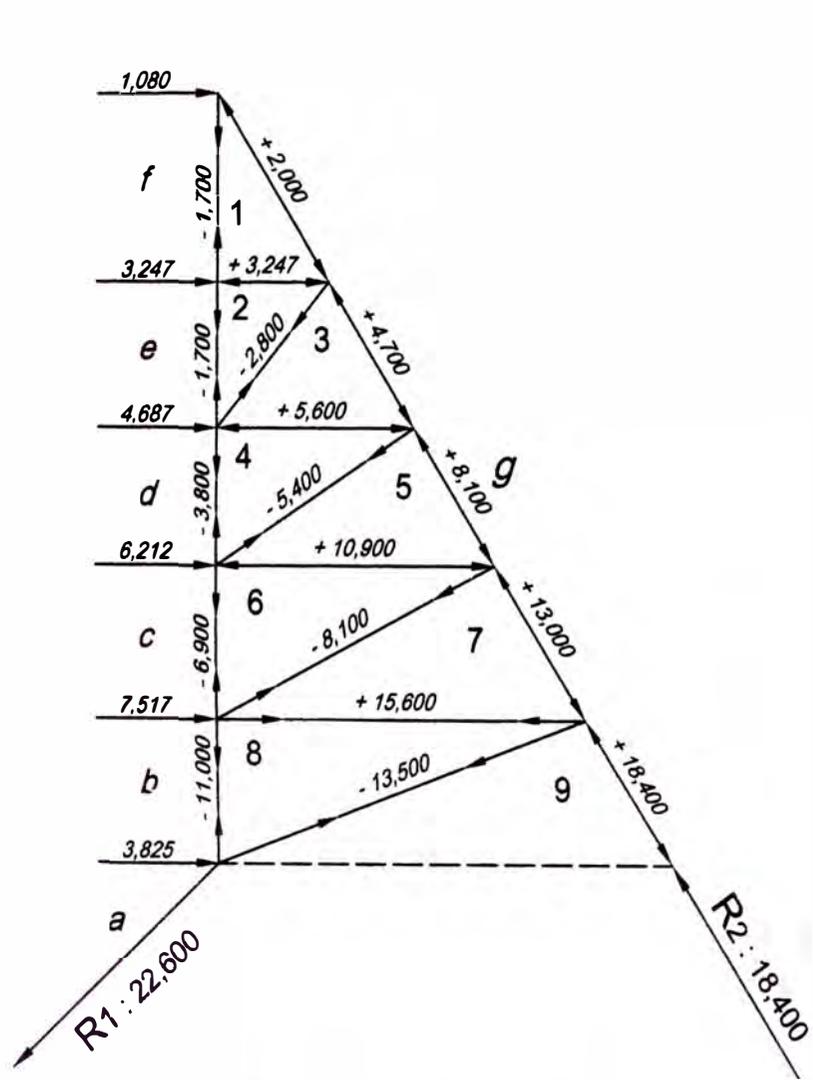


Fig. 3.23. Carga de Viento - Caso 4

Tabla 3.8 RESUMEN DE ESFUERZOS EN EL BASTIDOR

Estructura	Carga - Muerta Esfuerzos	Esfuerzos / Carga - Viva			Esfuerzos / Carga - de Viento			
		Caso 1	Caso 2, ( a y b )	Caso 3	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
Miembro Frontal.....	+ 28,160	+ 10,240	+ 50,620	+ 63,920	- 21,600 + 41,600	.....	+ 11,100	- 11,000
Miembro Posterior.....	+ 8,640	+ 27,500	+ 143,620	+ 182,690	.....	- 31,600 + 49,400	- 18,600	+ 18,400
Amarre .....	2 - 3 + 1,920	0	0	0	.....	.....	+ 2,900	- 2,800
	4 - 5 + 3,040	0	0	0	.....	.....	+ 5,500	- 5,400
	6 - 7 + 4,000	0	0	0	.....	.....	+ 9,100	- 8,100
	8 - 9 + 4,960	0	0	0	.....	.....	+ 13,500	- 13,500
Puntal .....	1 - 2 0	0	0	0	.....	.....	0	+ 3,247
	3 - 4 - 1,360	0	0	0	.....	.....	- 1,800	+ 5,600
	5 - 6 - 2,560	0	0	0	.....	.....	- 4,600	+ 10,900
	7 - 8 - 3,600	0	0	0	.....	.....	- 8,200	+ 15,600
Amarre .....	10 - 11 .....	.....	- 7,200	.....	- 2,700	.....	.....	.....
	12 - 13 .....	.....	- 3,300	.....	- 6,800	.....	.....	.....
	14 - 15 .....	.....	- 2,250	.....	- 12,200	.....	.....	.....
	16 - 17 .....	.....	- 1,800	.....	- 20,600	.....	.....	.....
	18 - 19 .....	.....	- 1,500	.....	- 30,100	.....	.....	.....
Puntal .....	11 - 12 .....	.....	+ 2,550	.....	+ 5,400	.....	.....	.....
	13 - 14 .....	.....	+ 1,950	.....	+ 10,600	.....	.....	.....
	15 - 16 .....	.....	+ 1,650	.....	+ 18,300	.....	.....	.....
	17 - 18 .....	.....	+ 1,200	.....	+ 28,200	.....	.....	.....
	19 - d .....	.....	- 3,600	.....	+ 15,500	.....	.....	.....
Amarre .....	20 - 21 .....	.....	- 20,000	.....	.....	- 3,200	.....	.....
	22 - 23 .....	.....	- 8,800	.....	.....	- 7,600	.....	.....
	24 - 25 .....	.....	- 6,000	.....	.....	- 13,000	.....	.....
	26 - 27 .....	.....	- 4,800	.....	.....	- 20,800	.....	.....
	28 - 29 .....	.....	- 3,200	.....	.....	- 31,500	.....	.....
Puntal .....	21 - 22 .....	.....	+ 6,000	.....	.....	+ 5,400	.....	.....
	23 - 24 .....	.....	+ 4,800	.....	.....	+ 10,700	.....	.....
	25 - 26 .....	.....	+ 4,000	.....	.....	+ 17,200	.....	.....
	27 - 28 .....	.....	+ 3,200	.....	.....	+ 28,200	.....	.....
	29 - d .....	.....	- 8,800	.....	.....	+ 15,300	.....	.....

La relación de esbeltez  $l/r$  no debe ser mayor que 120 para miembros principales, y para miembros secundarios esta (relación de esbeltez) no debe exceder de 200.

### **Combinación de Esfuerzos**

**Carga de trabajo.** El esfuerzo permisible es la mitad del esfuerzo permisible para cargas muertas.

**Carga de rotura.** El esfuerzo permisible para cargas de rotura es 1.5 veces el esfuerzo permisible para cargas muertas.

**Cargas de viento.** El esfuerzo unitario por esfuerzos de carga de viento más el esfuerzo por carga muerta más dos veces el esfuerzo por carga de trabajo no deben exceder  $20,000 \text{ lb/ pie}^2$ . Cuando el esfuerzo por carga de viento es mayor que el 25% del esfuerzo por carga muerta más dos veces el esfuerzo por carga de trabajo, el área del miembro debe aumentar tal que el esfuerzo total unitario no sea mayor que el 25% del esfuerzo por carga muerta más dos veces los esfuerzos por carga de trabajo. Los esfuerzos por carga de viento no son combinados con los esfuerzos por carga de rotura.

El resultado final es el efecto de que la suposición de la rotura simultanea de los dos cables, obteniendo la selección final de los miembros. Esta condición podría darse, pero sería totalmente deliberada y requiere asistencia incluso del operador del winche, lo que es una remota posibilidad.

No lejos del terreno de una real posibilidad está el que un cable pueda estar cargado cuando el otro se rompa, también es poco probable se permita un procedimiento regular de izaje cuando vientos de regular intensidad cercanos al de un huracán estén actuando sobre la estructura, de aquí la incertidumbre de incluir la carga de viento en la selección de los miembros cuando el esfuerzo de rotura del cable es usado.

La selección de los miembros del castillo, se hará por dos métodos, el primero utilizando todos los esfuerzos, y el segundo utilizando la carga muerta y el caso 2, ver *tabla 3.7*.

### **Selección de Miembros – Usando todos los Esfuerzos**

**Miembros Frontales.** La longitud de una sección del miembro principal se considera así:  $27,430/5 = 5,486$  mm. Los Esfuerzos están en la *tabla 3.8*.

Carga Muerta	= + 12,773.16 kg.
Carga de Trabajo	= + 4,644.79 kg.
Carga de rotura	= + 28,993.62 kg.
Carga de Viento	= + 18,869.44 kg.
Carga de Viento	= - 9,797.60 kg.

Se toman los esfuerzos máximos, así en el miembro frontal se dan esfuerzos de viento resultante de tres condiciones (casos 1,3, y 4). El Caso1 muestra el esfuerzo más grande.

El perfil a usar es de dos canales, los cuales serán ubicados “back to back” y enlazadas entre “pestañas” (*fig. 3.24*). Convirtiendo 5,486 mm a pulgadas, el mínimo radio de giro admitido es:

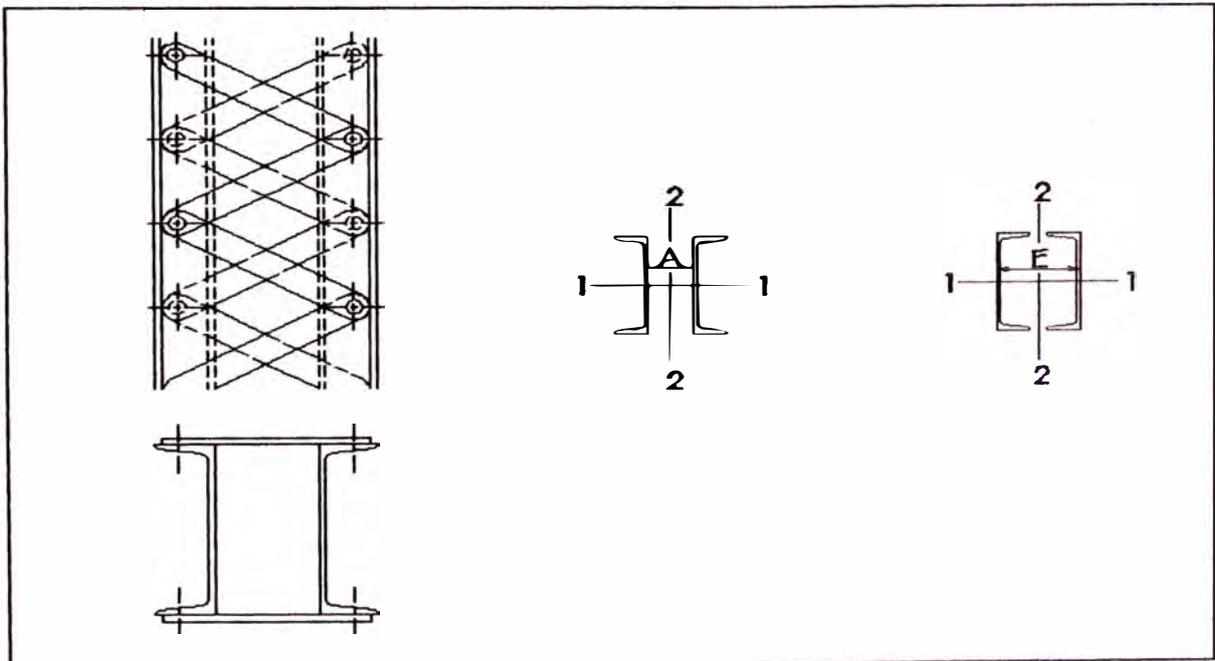
$$\frac{216}{r} = 120 \quad r = 1.80 \text{ pulg}$$

Consultando el manual de acero para construcción (AISC), se encuentran canales que satisfacen los requerimientos mínimos. Como se usarán pernos de  $3/4"$  Ø, se debe tener presente como mínimo una “pestaña” de  $2 \frac{1}{4}"$ , además de considerar un mínimo espesor de  $5/16"$  (8 mm).

De lo anterior, pareciera conveniente seleccionar un canal de  $6" \times 15.5$  lb/pie. Sin embargo, una revisión adicional a las tablas, nos lleva a un canal de  $7" \times 14.75$  lb/pie, obteniéndose un ligero incremento del ancho de la

**Tabla 3.9** ESPACIAMIENTO DE CANALES PARA IGUAL MOMENTO DE INERCIA RELATIVO A DOS EJES RECTANGULARES 1-1 AND 2-2

Alma del Canal, in.	Wt. Por ft. de un canal, lb.	Area de seccion de un canal, lb.	A, in.	E, in.	Alma del Canal, in.	Wt. Por ft. de un canal, lb.	Area de seccion de un canal, lb.	A, in.	E, in.
3	4.00	1.19	1.29	3.05	8	18.75	5.51	4.37	6.65
3	5.00	1.47	1.17	2.93	8	21.25	6.25	4.22	6.58
3	6.00	1.76	1.10	2.94					
4	5.25	1.55	2.08	3.92	9	13.25	3.89	5.62	8.06
4	6.25	1.84	1.96	3.80	9	15.00	4.41	5.48	7.84
4	7.25	2.13	1.88	3.72	9	20.00	5.88	5.14	7.46
					9	25.00	7.35	4.83	7.31
5	6.50	1.95	2.79	4.75	10	15.00	4.46	6.33	8.89
5	9.50	2.65	2.57	4.49	10	20.00	5.88	5.96	8.40
5	11.50	3.38	2.35	4.39	10	25.00	7.35	5.66	8.14
					10	30.00	8.82	5.41	8.01
6	8.00	2.38	3.51	5.59	10	35.00	10.29	5.18	7.94
6	10.50	3.09	3.29	5.29					
6	13.00	3.82	3.08	5.16	12	20.50	6.03	7.68	10.48
6	15.50	4.56	2.90	5.10	12	25.00	7.35	7.35	10.07
					12	30.00	8.82	7.06	9.78
7	9.75	2.85	4.21	6.41	12	35.00	10.29	6.83	9.59
7	12.25	3.60	4.00	6.12	12	40.00	11.76	6.60	9.48
7	14.75	4.34	3.82	5.94					
7	17.25	5.07	3.65	5.85	15	33.00	9.90	9.51	12.67
7	19.75	5.81	3.49	5.81	15	35.00	10.29	9.42	12.58
					15	40.00	11.76	9.16	12.28
8	11.25	3.35	4.92	7.24	15	45.00	13.24	8.92	12.08
8	13.75	4.04	4.72	6.96	15	50.00	14.71	8.72	11.92
8	16.25	4.78	4.53	6.77	15	55.00	16.18	8.53	11.81



**FIG. 3.24** UBICACIÓN DE CANALES "BACK TO BACK" Y ENTRELAZADAS

“pestaña”, además de un ahorro de 3/4 lb por pie de longitud, esta última selección debe ser probada.

El radio de giro alrededor de xx es 2.51”; el área de un canal es 4.32 pulg<sup>2</sup>. De la *tabla 3.9*, si dos canales de 7”x14.75 lb/pie son espaciadas 3.82”, ubicados “*back to back*”, el momento de inercia, y consecuentemente el radio de giro, alrededor de los dos ejes son iguales. Si estos son apartados, el radio de giro alrededor 1-1 (XX no cambia), al alrededor 2-2 aumenta.

Los canales de 7” seleccionados serán espaciados 7” ubicados “*back to back*”. El área para los dos canales es  $2 \times 4.32 = 8.64$  pulg<sup>2</sup>. El esfuerzo unitario permisible en compresión es:

$$P = 18,000 - 60 * \frac{l}{r} = 18,000 - 60 * \frac{216}{2.51} = 12,840 \text{ lb/pulg}^2$$

$$\text{Área por carga muerta} = \frac{28,160}{12,840} = 2.19 \text{ pulg}^2$$

$$\text{Área por carga de trabajo} = \frac{10,240}{12,840 * \left(\frac{1}{2}\right)} = 1.59 \text{ pulg}^2$$

El esfuerzo en compresión por carga de viento es 41,600 lb, mucho más que el 25% de  $28,160 + 2 \times 10,240 = 48,640$  lb, por eso el área debe ser determinada para los esfuerzos de viento.

El área para los esfuerzos por carga de viento, carga muerta, y carga de trabajo es:

$$\frac{(28,160 + 2 * 10,240 + 41,600)}{12,840 * \left(1 \frac{1}{4}\right)} = 5.62 \text{ pulg}^2$$

Como la tensión de carga de viento es menor que la carga muerta en compresión, esta no necesita ser considerada.

$$\text{Área por carga de rotura} = \frac{63,920}{12,840 * \left(1\frac{1}{2}\right)} = 3.31 \text{ pulg}^2$$

**Combinación de Áreas.** Las áreas son combinadas como sigue:

$$\text{Área por carga muerta y carga de trabajo} = 2.19 + 1.59 = 3.78 \text{ pulg}^2.$$

$$\text{Área por carga muerta, de trabajo y carga por viento} = 5.62 \text{ pulg}^2.$$

$$\text{Área por carga muerta, y carga de rotura} = 2.19 + 3.31 = 5.50 \text{ pulg}^2.$$

El área de la sección de dos canales de 7"x14.75 lb/pie es de 8.64 pulg<sup>2</sup>, por lo tanto la selección es suficiente.

Dos canales de 8"x13.75 lb/pie serían suficientes, pero el espesor del alma es menor a 5/16", considerado como el mínimo espesor.

El miembro frontal será fabricado de dos canales de 7"x14.75 lb/pie espaciadas 7", ubicados "*back to back*" y unidos entre "*pestañas*".

Para la selección del miembro principal posterior, se desarrolla un procedimiento similar, bajo ciertas condiciones se podría desarrollar el espaciamiento "*back to back*" con el propósito de asegurar el mínimo radio de giro alrededor de 1-1, podría ser más grande que el ya seleccionado para el miembro principal frontal. Si esto sucede, el espaciamiento de los canales del miembro frontal se incrementa para igualar a los miembros posteriores. Dos canales de 9"x20 lb/pie cumplen los requisitos. Estos son un poco más grandes que los actualmente requeridos pero detallaría mejor con las vigas maestras de los miembros posteriores.

**Puntal 7-8.** Los puntales son miembros secundarios, por consiguiente la razón l/r sería tan grande como 200. La longitud de los miembros es 48 pies y 6 pulgadas = 582 pulgadas,  $r = 582/200 = 2.96$  pulg.

Carga Muerta = -3,600 lb

Carga de viento = + 15,600 lb

Carga de Viento = - 8,200 lb

La carga de viento en compresión es mayor que la carga muerta en tensión, los miembros deben ser diseñados para la diferencia. Un canal de 8"x13.75 lb/pie tiene  $r = 2.99$  pulg. El espesor del alma es menor que el mínimo.

Cualquier canal de 9"x20 lb/pie ó 10"x20 lb/pie puede ser usado. Debido a la longitud del miembro, la mejor selección es el canal de 10". El radio de giro es 3.66 pulg., el área de los dos canales es 11.72 pulg<sup>2</sup>, y el espesor del alma es 0.379 pulg. Estos canales pueden ser espaciados 7 pulg. Sin modificar el menor radio de giro al eje 2-2

Fuerza de compresión = 15,600 - 3,600 = 12,000 lb

$$\frac{P}{A} = 18,000 - 60 * \frac{582}{3.66} = 8,450 \text{ lb/pulg}^2$$

El área por carga muerta en tensión y carga de viento en compresión es:

$$12,000 \div (1.25 * 8,450) = 1.14 \text{ pulg}^2$$

El área por carga muerta en tensión y carga de viento en tensión es:

$$(-3,600 - 8,200) \div (1.25 * 18,000) = 0.52 \text{ pulg}^2$$

El área de los agujeros para pernos debe ser deducida del área bruta (11.72 pulg<sup>2</sup>). Usando plates de empalme de 3/8" y pernos de 3/4".

$$\text{Fuerza cortante en pernos} = (3/4)^2 * (\pi / 4) * 10,000 = 4,430 \text{ lb}$$

Placa de empalme = 3/8 x 3/4 x 16,000 = 4,500 lb

Montante de canal del miembro frontal = 3/4 x 0.419 x 16,000 = 5,040 lb

Montante de canal del miembro posterior = 3/4 x 0.379 x 16,000 = 4,550 lb

Montante del puntal de canal = 3/4 x 0.379 x 16,000 = 4,550 lb

La sección crítica esta empernada, en corte simple.

Tensión total = - 3,600 + (-8,200) = -11,800 lb

Número mínimo de pernos =  $11,800 / 4,430 = 2.66$  ó 3

Descontando dos filas de agujeros de pernos por cada canal se tiene:

Área de un agujero =  $(3/4 + 1/8) \times 0.379 = 0.332 \text{ pulg}^2$

Área por cuatro agujeros =  $4 \times 0.332 = 1.328 \text{ pulg}^2$

Área Neta =  $11.72 - (1.33 + 1.14) = 9.25 \text{ pulg}^2$

Esto es excesivo, pero debido a la razón  $l/r$ , se usan los canales previamente escogidos. Los puntales y amarres faltantes son determinados de manera similar.

### **Selección de miembros usando la carga muerta y el caso 2.**

**Miembros frontales.** Los esfuerzos son:

Carga muerta = +28,160 lb

Carga viva = +50,620 lb

La longitud del miembro es de 216", el mínimo  $r = 216/120 = 1.80$ ".

A continuación se escogerán secciones WF o CB. Un perfil 8"x8"x35 lb/pie tiene un alma de 0.315" de espesor, el menor  $r$  alrededor  $yy$  es 2.03", el área es 10.30 pulg<sup>2</sup>. La altura del perfil es de 8.12", y tiene un ancho de 8.027".

$$\frac{P}{A} = 18,000 - 60 * \frac{216}{2.03} = 11,620 \text{ lb/pulg}^2$$

Área por carga muerta =  $28,160 \div 11,620 = 2.42 \text{ pulg}^2$

Área por carga viva =  $50,620 \div 11,620 = 4.35 \text{ pulg}^2$

Área total =  $2.42 + 4.35 = 6.77 \text{ pulg}^2$

Mientras que la sección reúne las condiciones, no detallará con los puntales y amarres como se verá luego. Seleccionamos un perfil 12"x8"x45 lb/pie. El área es 13.24 pulg<sup>2</sup>,  $r = 1.94 \text{ pulg}$ .

$$\frac{P}{A} = 18,000 - 60 * \frac{216}{1.94} = 11,320 \text{ lb/pulg}^2$$

Esta selección nos proporciona suficiente área.

**Miembros posteriores.** Los esfuerzos son:

Carga muerta = + 8,640 lb.

Carga viva = + 143,620 lb.

La longitud de la sección es  $108.5/5 \times 12 = 260''$ , el menos  $r=260/120 = 2.18''$

Un perfil  $10'' \times 10'' \times 49$  lb/pulg, tiene un área de  $14.40 \text{ pulg}^2$  y  $r = 2.54''$ . Pero esto no detallará con el resto de la estructura. Se selecciona entonces un perfil de  $12'' \times 10'' \times 53$  lb/pulg. El área es de  $15.59 \text{ pulg}^2$ ,  $r = 2.48''$ .

$$\frac{P}{A} = 18,000 - 60 * \frac{260}{2.48} = 11,710 \text{ lb/pulg}^2$$

Área por carga muerta =  $8,642 \div 11,710 = 0.74 \text{ pulg}^2$

Área por carga viva =  $143,620 \div 11,710 = 12.27 \text{ pulg}^2$

Área total =  $0.74 + 12.27 = 13.01 \text{ pulg}^2$

**Puntal 7-8.** La longitud es  $48' 6'' = 582''$ , el menor  $r = 582/200 = 2.96''$ .

El miembro es diseñado para -3,600 lb de carga muerta, y como una columna, con el menor radio de giro, cerca a 2.96 como sea posible. La selección más económica podría ser dos canales de  $10'' \times 20$  lb/pie, haciendo total de 40lb/pie, pero se debe considerar el costo de montaje. El perfil WF más cercano que detallaría bien, es un perfil  $12'' \times 12'' \times 65$  lb/pie.  $r = 3.02''$

$$\frac{P}{A} = 18,000 - 60 * \frac{582}{3.02} = 6,420 \text{ lb/pulg}^2$$

Asumiendo un máximo de siete filas de pernos.  $7 \times 0.332 = 2.32 \text{ pulg}^2$

Area neta =  $19.11 - 2.32 = 16.79 \text{ pulg}^2$

$P = 16.79 \times 6,420 = 108,000 \text{ lb.}$

Excediendo de lejos cualquier carga de viento que podría ocurrir. Los amarres laterales en el plano horizontal, incluyendo puntales 7-8 sobre los

bastidores tipo A y puntales 17-18 y 27-28 de los bastidores transversales, serán encontrados. Un perfil WF12"x6½"x36 lb/pulg conectará los puntales 7-8 en sus puntos medios. El amarre diagonal consiste de dos ángulos de 4"x3"x5/16" con grandes soportes verticales, conectara los extremos de una sección de 12"x6½" con cada miembro. El mismo tipo de amarre puede ser usado en el plano del puntal 5-6. El resto de puntales y amarres son encontrados de manera similar.

### **Viga Maestra de Polea**

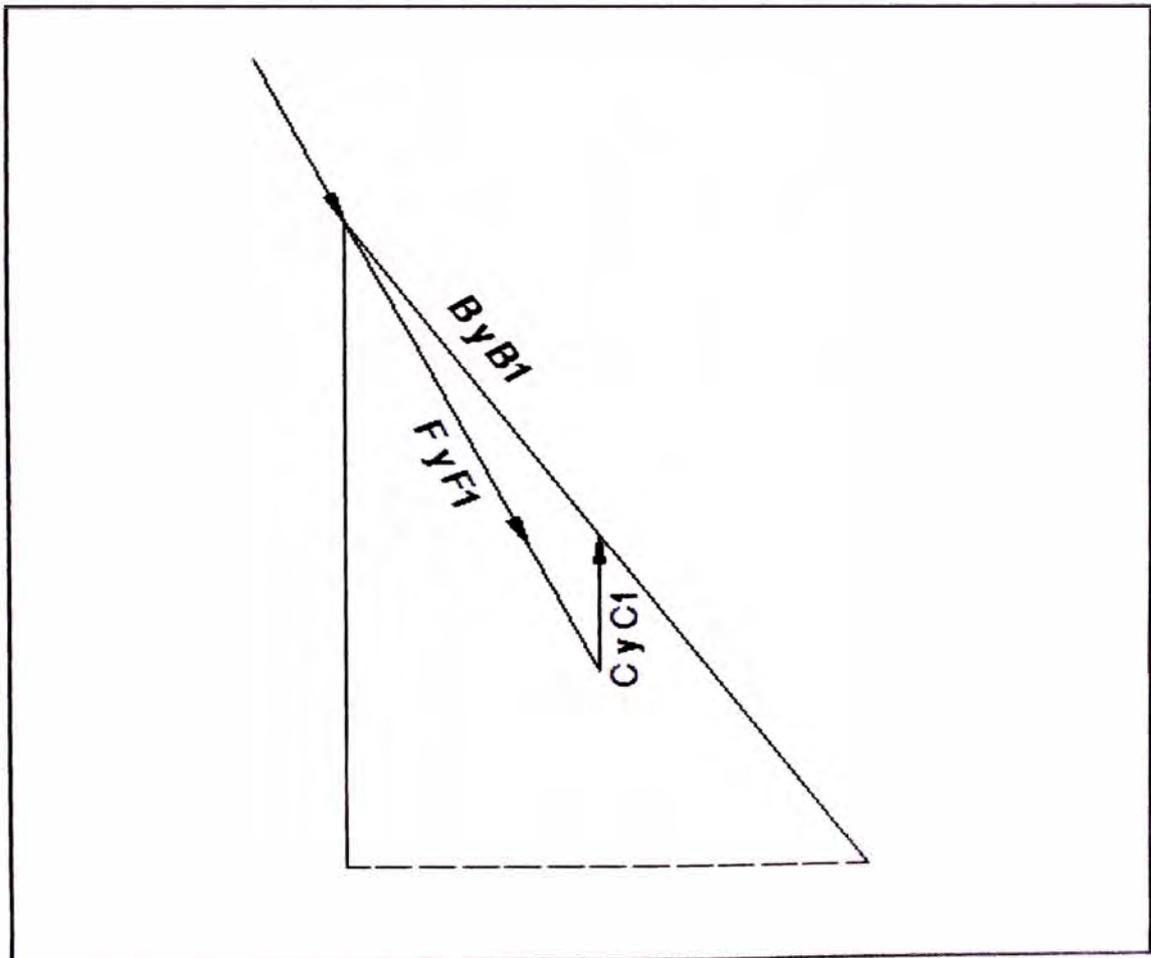
Las poleas son soportadas por diafragmas, las que descansan sobre vigas maestras. Las vigas maestras son miembros pesados que van de miembro frontal a miembro frontal y de miembro posterior a miembro posterior. Determinar con precisión las vigas maestras, requiere conocer detalles del soporte de la polea, espaciamiento, etc. Las vigas maestras son troqueladas o hechas con planchas y ángulos. Si usamos formas troqueladas, la selección usualmente está entre una viga tipo I y canales. Los últimos son más convenientes, dos de estos pueden ser usados con cierto espaciamiento, también nos da una viga más estable y simple de montar.

Las fuerzas  $F_1$  y  $F$  (*tabla 3.10*), actúan sobre las poleas en la dirección de la resultante entre los cables. Estas son resueltas dentro de los componentes actuantes en el plano del miembro posterior y en el plano del miembro frontal, ver *fig. 3.25*. La *tabla 3.10* nos da los valores de las componentes.

En la viga maestra, el esfuerzo a ser calculado es el momento de flexión. Si se usa una sección fabricada, se debe determinar el corte. La *fig. 3.14* muestra la carga excepto que los componentes determinados en la *tabla 3.10* reemplazan  $F_1$  y  $F$  y  $R_1$  y  $R_2$  reemplazan  $P_1$  y  $P$ . Solamente las

**Tabla 3.10** CARGAS EN LA VIGA DE POLEA

Case	F1	F	Front posts		Back posts	
			C1	C	B1	B
1	35,490	35,490	10,115	10,115	26,795	26,795
2	9,100	236,600	2,594	67,431	6,871	178,633
3	236,600	236,600	67,431	67,431	178,633	178,633



**Fig. 3.25** CARGA EN EL APICE DEL CASTILLO

máximas condiciones son consideradas, estas son caso 1 y caso 3, cargas de trabajo y cargas de rotura, respectivamente.

Se tienen dos soluciones (1), usando caso 1 y caso 3, y (2) usando únicamente el caso (2). Como se indico, la rotura simultánea en ambos cables es muy improbable.

**Primera Solución. Viga Maestra - Miembros Frontales.** Para la carga de trabajo (caso 1), el momento flector es:

$$M1 = 10,115 \times 2 \times 12 = 242,760 \text{ lb-pulg}$$

Caso 3:  $M3 = 67,431 \times 2 \times 12 = 1'618,344 \text{ lb-pulg}$

De resistencia de materiales:

$$M = \frac{SI}{c}$$

Donde:

$M$  = Momento flector lb-pulg

$S$  = Esfuerzo unitario permisible

$c$  = Distancia del eje neutro (centro de gravedad) a la superficie exterior

$I$  = Momento de inercia de la forma usada

Como prueba seleccionamos dos canales de 15"x33.9 lb/pulg.

$$I = 312.6 \text{ pulg}^4 \quad S = 18,000 \text{ lb/pulg}^2 \quad C = 7.5"$$

$$M = \frac{18,000 * 312.6 * 2}{7.5} = 1'500,000 \text{ lb-pulg}$$

Lo cual es suficientemente grande para la carga de trabajo, las cargas de rotura están basadas sobre 1.5 veces el esfuerzo unitario permisible para cargas de trabajo.

$$\text{Carga de trabajo} = 1.5 * 1'500,000 = 2'250,000 \text{ lb-pulg}$$

Del manual de la AISC, se tiene que un canal de 12" no tiene un momento de inercia suficientemente grande, construir uno costaría más, se podría usar una viga tipo I, pero no detallaría muy bien. Sin embargo para la viga maestra - miembro frontal, se podrían usar dos canales 15"x33.9 lb/pulg.

### **Viga Maestra - Miembros Posteriores.**

Caso 1, carga de trabajo.

$$M1 = 26,795 \times 2 \times 12 = 643,080 \text{ lb-pulg}$$

Caso 3, carga de rotura.

$$M3 = 178,633 \times 2 \times 12 = 4'287,192 \text{ lb-pulg}$$

El canal estándar más grande mostrado en el manual es el de 15", el cual es muy pequeño, es necesario construir una sección (placa y ángulo), dos de estas vigas serán usadas (ver detalle en plano UNI130-03).

El momento de flexión de una viga maestra placa y ángulo (excluyendo refuerzos) está dada por:  $M = hf F$ , donde:

$M$  = momento flector, lb –pulg

$F$  = Área de una "pestaña" (dos ángulos)

$f$  = Esfuerzo disponible en "pestañas" = 18,000 lb/pulg<sup>2</sup>

$h$  = Distancia entre centros de gravedad de ángulos, pulg.

Para la primera prueba, un ángulo de sección de 4"x3"x½" y una plancha de alma 20"x3/8". Los ángulos son ubicados con las "pestañas" largas hacia afuera. El área de dos ángulos 4"x3"x½", es de 6.50 pulg<sup>2</sup> e  $y = 0.83$ ".

$$h = 20 - (2 \times 0.83) = 18,34 \text{ pulg.}$$

Para la sujeción de los ángulos a la placa, se usaran pernos de ¾". El área de la sección del agujero debe ser deducida para cada ángulo.

$$\text{Área neta} = 6.50 - 2 \left( \frac{1}{2} \times \left( \frac{3}{4} + \frac{1}{8} \right) \right) = 5.62 \text{ pulg}^2$$

Sustituyendo los valores encontrados en:  $M = hfF$ ,

$$M1 = 18,000 \times 5.62 \times 18.34 \times 2 = 3'710,000 \text{ lb-pulg.}$$

Suficientemente grande para cargas de trabajo. Para cargas de rotura:

$M3 = 1 \frac{1}{2} \times 3'710,000 = 5'570,000 \text{ lb-pulg.}$  Considerablemente más de lo necesario. Antes de cambiar el tamaño de los miembros, se determina el

corte. Únicamente la placa resiste corte. El refuerzo será soportado por un perno sobre cada par de ángulos y para tres pernos igualmente espaciados entre pernos extremos. Esto da un total de cinco agujeros para pernos en la placa montante.

$$\text{Área bruta de la placa montante} = 20 \times 3/8 = 7.5 \text{ pulg}^2$$

El área neta, para cinco agujeros de pernos de  $3/4$ " es

$$7,50 - (5 \times 0.33) = 5.85 \text{ pulg}^2$$

El corte actual por carga de tensado es  $178,633 \div (5,85 \times 2) = 15,250 \text{ lb/pulg}^2$

El corte disponible sobre la sección neta de la placa montante es:

$$1 \frac{1}{2} \times 13,000 = 19,500 \text{ lb/pulg}^2$$

El alma es muy grande. Veamos la conveniencia de la placa de  $17 \times 3/8$ ".

$$\text{Área neta} = (178,633 \div 2) / 19,500 = 4,57 \text{ pulg}^2$$

$$\text{Área bruta} = 4.57 + 1.65 = 6,22 \text{ pulg}^2$$

Ancho de placa =  $6.22 \div (3/8) = 16.6 \text{ pulg}$ . Una placa  $17 \times 3/8$ " es suficiente.

Bajo cada diafragma de polea y sobre cada extremo de las vigas maestras, se usan ángulos de  $3 \frac{1}{2}$ " x  $3$ " x  $3/8$ " como refuerzos.

Las vigas maestras en los miembros posteriores consistirán de dos vigas, cada una fabricada de ángulos de  $4$ " x  $3$ " x  $1/2$ ", y un alma de  $17$ " x  $3/8$ ".

**Vigas maestras usando el caso 2.** Miembros frontales, las reacciones en los extremos de la viga maestra son:

$$R_1 = (2,594 \times 7 + 67,431 \times 2)/9 = 17,000 \text{ lb}$$

$$R = (2,594 \times 2 + 67,431 \times 7)/9 = 53,025 \text{ lb}$$

El máximo momento está bajo la carga de 67,431 lb

$$M = 53,025 \times 2 \times 12 = 1'280,000 \text{ lb-pulg.}$$

$$M = \frac{SI}{c}$$

$$I/C = 1'280,000 / 18,000 = 71.2 \text{ pulg}^3$$

Para dos canales  $I/C = \frac{1}{2} \times 71.2 = 35.6 \text{ pulg}^3$

Del manual, el perfil más cercano es un canal de 15"x33.9 lb/pulg. El momento de inercia = 312.6 pulg<sup>4</sup> y  $C = \frac{1}{2} \times 15 = 7.5 \text{ pulg}$ .

$$M = (18,000 \times 312.6 \times 2 \times 1) / 7.5 = 1'510,000 \text{ lb-pulg.}$$

Usaremos dos canales 15"x33.9 lb/pulg. Tienen área suficiente para el corte.

Miembro posterior. Las reacciones son:

$$R_1 = (6,871 \times 7 + 178,633 \times 2) / 9 = 45,040 \text{ lb}$$

$$R = (6,871 \times 2 + 178,633 \times 7) / 9 = 140,464 \text{ lb}$$

El máximo momento es:  $M = 140,464 \times 2 \times 12 = 3'380,000 \text{ lb-pulg}$

Para una viga maestra:  $I/C = (3'380,000 \div 18,000) \times 1/2 = 93,8 \text{ pulg}^3$

No hay canales de esta medida. Se usaran dos vigas maestras consistentes de cuatro ángulos 4"x3"x1/2". Se prueba un alma de 19"x3/8".

Área de un ángulo = 3.25 pulg<sup>2</sup> y = 0,83 pulg.

Área de dos ángulos = 2 x 3.25 = 6.50 pulg<sup>2</sup>

$$h = 19 - (2 \times 0.83) = 17.34 \text{ pulg}$$

Área neta = 6.50 - 2( 1/2 x (3/4 + 1/8) ) = 5.62 pulg<sup>2</sup>

$$M = hfF = 17.34 \times 18,000 \times 5.62 \times 2 = 3'510,000 \text{ lb-pulg.}$$

Un alma de 18" nos da 3'310,000 lb-pulg. Lo cual es muy pequeño.

Área bruta de placa = 19 x 3/8 = 7.12 pulg<sup>2</sup>

Área neta = 7.12 - (5 x 0.33) = 5.47 pulg<sup>2</sup>

Corte = 140,464 ÷ (2 x 5.47) = 12,820 lb/pulg<sup>2</sup>

El corte disponible es de 13,000 lb/pulg<sup>2</sup>. La solución es satisfactoria. Ver

Plano de detalles estructurales del castillo o torre (UNI130-03).

### **3.9. Selección de Winche de Izaje**

#### **3.9.1. Consideraciones y parámetros de Selección**

Al montar un Winche, sea este nuevo o usado, se determinan: el ciclo de servicio, el tamaño del winche y la capacidad del motor. En caso de un Winche nuevo, se cuenta con la asesoría del fabricante, cuando se trata de uno usado se deben hacer ajustes de acuerdo a las nuevas condiciones de operación, el tambor debe tener el diámetro y longitud adecuados, el motor debe tener la capacidad correcta. Además se debe considerar que los fabricantes tienden a dimensionar el tambor y la capacidad del motor al límite permisible.

Se debe inspeccionar la instalación actual, evaluar las necesidades de la operación, un cambio mínimo en las condiciones de operación (incremento de capacidad del skip, bajo ciclo de operación, exceso de izaje fuera de balance, etc.) resultaría dañando los componentes del equipo.

Por otro lado una ligera variación de tiempo en las etapas de: aceleración, retardo, velocidad constante u otros, causarían un cambio radical en el requerimiento pico de potencia del sistema de izaje.

#### **Sistemas de Izaje**

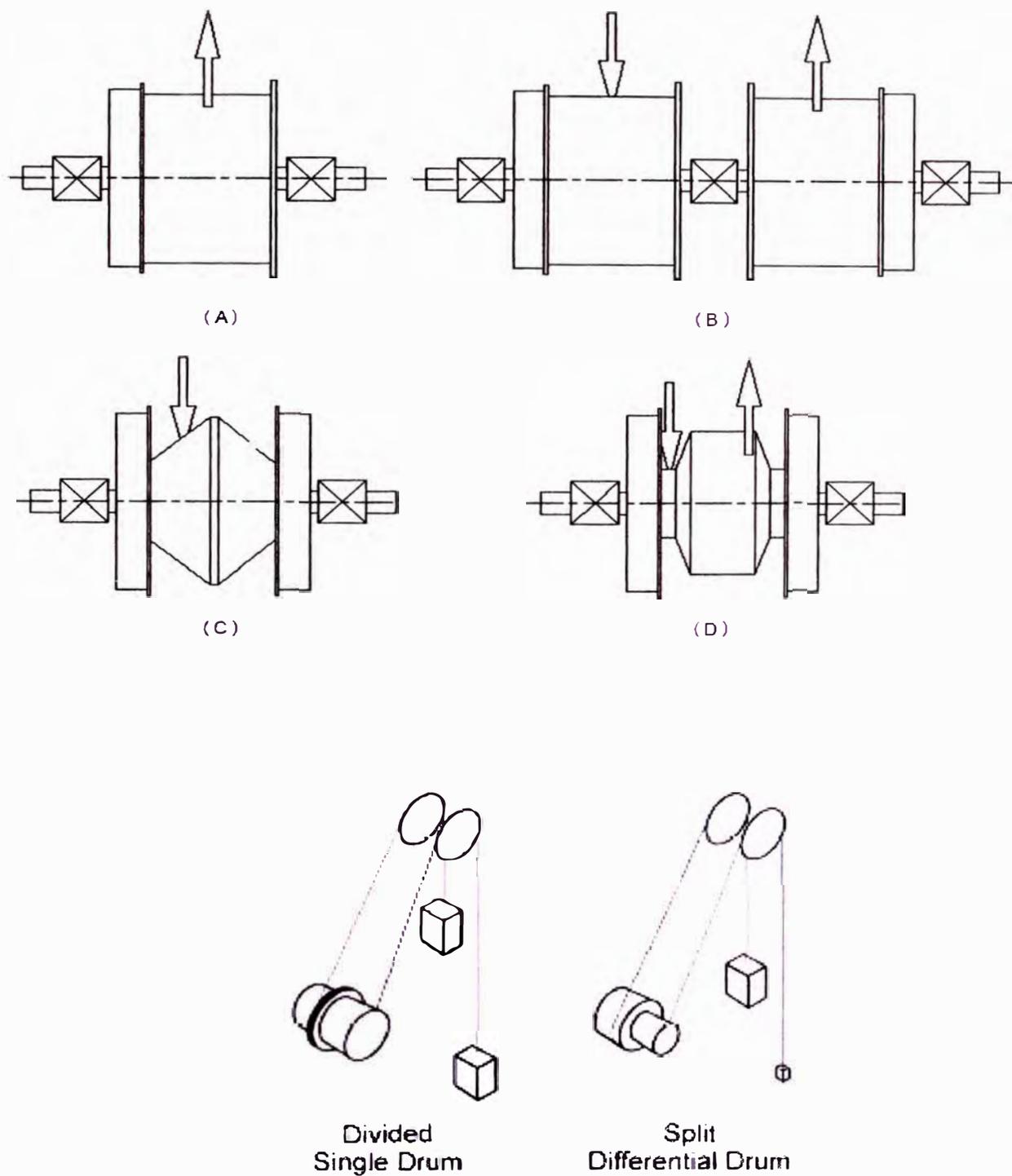
Los principales sistemas de izaje son: (1) desbalanceado, (2) contrapesado, (3) parcialmente balanceado, (4) balanceado. Un Winche puede estar igualmente balanceado por un cable de cola o por un tipo de tambor en particular. El izaje completamente balanceado es innecesario cuando se requiere servicio continuo a más de un nivel. Si se opera desde niveles para los que no fueron diseñados, debe hacerse fuera de balance. Un viaje ocasional podría no traer inconvenientes, pero una operación continua fuera de balance terminaría dañando el motor, además de ser antieconómico.

El sistema totalmente desbalanceado es usado casi exclusivamente para operaciones de profundización de pique, o donde se requiere extraer un tonelaje muy pequeño por día. El método contrapesado encuentra su mayor aplicación en winches de servicio (transportando personal, provisiones, etc.). El método más comúnmente usado es el parcialmente balanceado, en este sistema se entrega potencia para izar skips, jaulas, parte del peso del cable y para vencer la fricción.

### **Tambores**

La *fig. 3.26* muestra los tipos de tambores de izaje. El tambor cilíndrico unitario (a), es usado para izaje parcialmente balanceado donde se sirve a un nivel, o cuando un contrabalanceado es usado. El de doble tambor (b), es comúnmente usado en minas metálicas, los tambores pueden desconectarse por medio de embragues, lo que permite ajustar a niveles y permite izaje parcialmente balanceado desde diversas profundidades. En el caso de tambor cónico (c), los conos están separados, además es aplicable a un solo nivel, este tipo de tambor puede ser diseñado hasta obtener un balance completo, así el requiriendo de potencia es únicamente para el mineral y para vencer la fricción. En el caso de un tambor cilindro cónico (d), este puede o no tener dos frenos, estos tambores pueden ser diseñados para balance completo y pueden ser embragados juntos.

La principal ventaja de tambores cónicos y cilindro cónicos es el menor torque de arranque. Los dos diámetros son seleccionados tal que el momento de la carga ascendente (más pesada) está prácticamente balanceado con el descendente. Su desventaja es que su uso está limitado a izar en balance a un solo nivel, son satisfactorios únicamente en las condiciones para las que fueron diseñados, cuestan más que los cilíndricos.



**Fig. 3.26.** Tipos de Tambores de Izaje

Una práctica usual, cuando un lado del winche esta contrapesado es hacer que el peso del contrabalanceo sea igual al skip o jaula, más la mitad de los contenidos, esto permite usar un motor pequeño, también incrementa la eficiencia de la instalación.

Cuando el izaje debe servir a más de un nivel, el uso del tambor doble es necesario si se desea obtener mayor eficiencia. La máxima economía no necesariamente resulta de una alta eficiencia, los costos por consumo de potencia mas equipamiento deben ser considerados.

Sin embargo la potencia requerida para operar el winche es mucho menor respecto de la requerida para un tambor único o para un winche contrabalanceado, teniendo los mismos requerimientos de carga. Un alto pico de arranque para este tipo de instalación se previene mediante el uso de una volante en el conjunto motor-generator, este pico también puede ser disminuido usando un conjunto motor-generator tipo síncrono.

### **Embragues**

Los embragues de tambores en winches grandes son accionados por los siguientes métodos: embrague positivo de dientes múltiples o embrague de fricción de doble disco - brazos múltiples.

**El embrague de dientes múltiples** - es comúnmente usado en operaciones de izaje de un nivel a lo más unos muy pocos niveles, son fabricados en acero. El miembro conducido es sujetado al tambor, mientras que el miembro conductor desliza sobre el eje y gira con este.

**El embrague de fricción de doble disco y de brazos múltiples** - cuenta con un elemento conductor sujetado al eje del winche, dos discos a los cuales van sujetados los bloques de fricción, barras radiales para el accionamiento de los discos, varillaje para operar el embrague.

Los discos son accionados por medio de las barras radiales, el movimiento es impartido por medio de un elemento que desliza.

### **Frenos**

Para winches grandes y especialmente los de transporte de personal, se recomienda el freno tipo parallel-motion-post, el acero estructural es el material recomendado. El freno debe ser diseñado tal que al accionarlo, se dé una presión uniforme en todos los puntos de contacto de los bloques de fricción, lo mismo al dejar de accionarlo, la apertura debe ser uniforme.

Los frenos de hasta 8 pies de diámetro, se operan manualmente por medio de varillajes (palancas y ruedas). Para frenos mayores, es necesario un equipo de frenado de accionamiento neumático o hidráulico.

### **Motor**

La potencia eléctrica es el recurso más usado para operar un winche, el vapor y el aire comprimido prácticamente han sido reemplazados, casos muy específicos se dan para emplear un motor de combustión interna.

La selección del motor eléctrico estará entre los diversos motores a-c y los motores d-c, dependiendo de la disponibilidad del recurso potencia eléctrica.

Un motor d-c provee mejor control, es más económico y eficiente.

Un motor d-c debidamente equipado brinda un control preciso y sensible.

Un motor a-c es usado si su instalación está influenciada por su costo, teniendo el mismo un menor costo inicial.

Un motor d-c generalmente es usado para servicios que requieren una potencia de alrededor de 1000 HP.

Un motor d-c es usado en caso de que haya que conectarlo directamente al winche, siendo un caso excepcional y con una baja velocidad de izaje.

Los motores de winche son diseñados para temperatura máxima de 40°C.

### 3.9.2. Selección del Winche de Izaje

La selección del winche pasa por encontrar sus principales dimensiones:

**Diámetro Tambor de Winche**, debe ser como mínimo 60 veces el diámetro del cable, 70 en minas de carbón y 80 en minas de metal:

Diámetro del Cable ( $d$ ): 1 1/4"

$$\text{Diámetro Tambor de Winche (D): } 1 \frac{1}{4}'' \times \left( \frac{70 + 80}{2} \right) = 93.75'' \rightarrow 8 \text{ ft}$$

**Ancho Tambor de Winche**, se calcula con los siguientes datos:

Diámetro del Cable ( $d$ ): 1 1/4"

Longitud del Cable ( $L$ ): 1,000 ft (1) + 72.83 ft (2)  $\rightarrow L = 1,072.83$  ft

(1) Profundidad del Pique, (2) Desplazamiento zona Castillo

Numero de Vueltas ( $N$ ): .....  $N = \frac{L}{\pi(D + d)} = 43$  Vueltas

Vueltas adicionales para protección de sujeción de cable: ..... 2 Vueltas

Vueltas adicionales de seguridad: ..... 7 Vueltas

Número Total de Vueltas ..... 52 Vueltas

Número de Capas ..... 2 Capas

Numero de Vueltas por Capa ( $N_c$ )..... 26 Vueltas/Capa

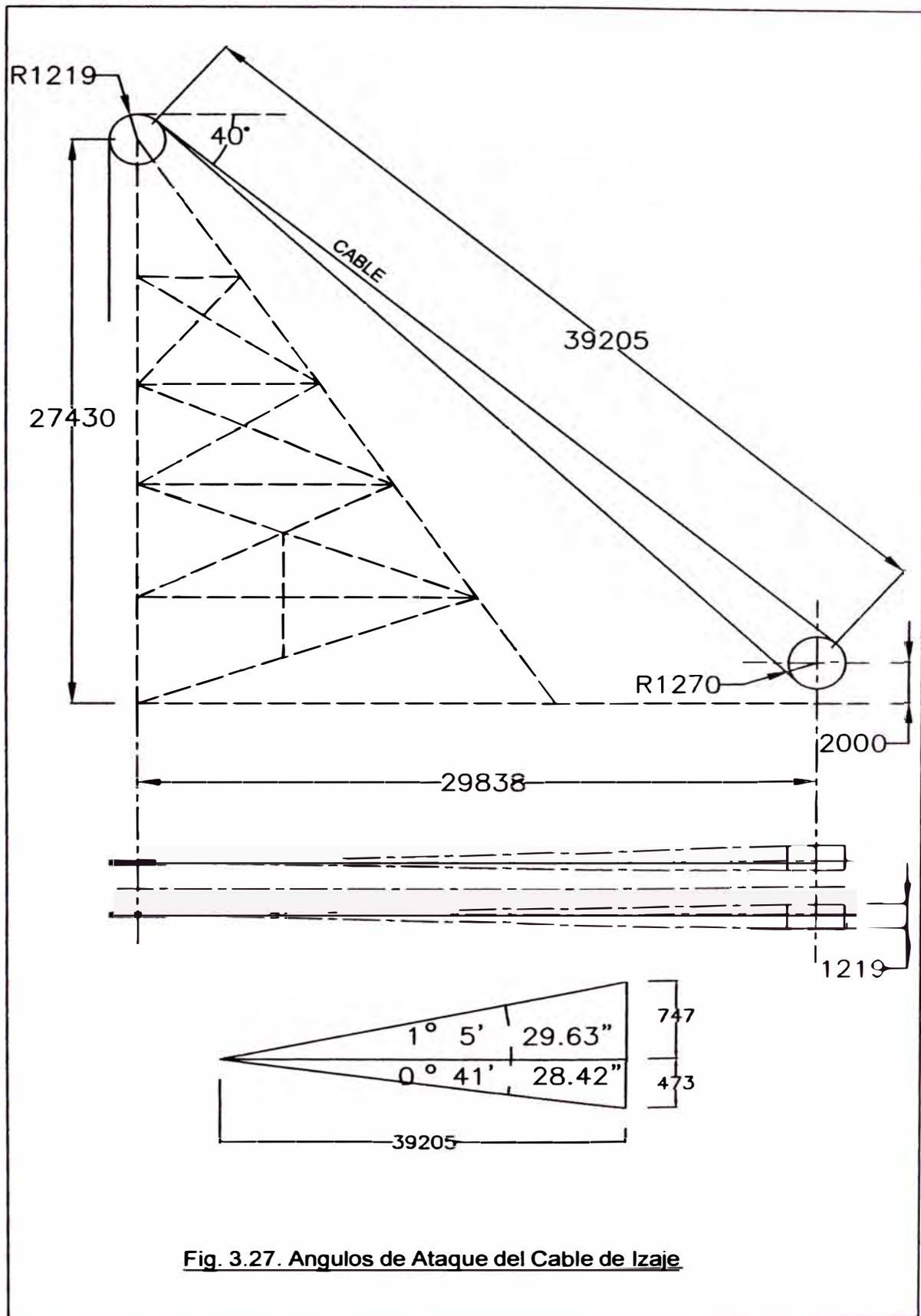
Considerando una tambora ranurada se tiene:

Ancho de Tambor ( $W$ ): .....  $W = N_c \times (d + 1/4'') = 39'' \rightarrow 4$  ft

**Se selecciona un Winche 8' x 4', de doble tambor**, siendo ranuradas las superficies de ambos tambores, esto para preservar la vida de los cables.

Durante el arrollamiento del cable, este recorre todo el ancho del tambor, desde la posición interna hasta la externa. Los ángulos que forman ambas posiciones con la horizontal tienen un rango recomendado (ver Fig. 3.27).

El Apéndice G2 muestra un procedimiento de cálculo de potencia del motor.



**Fig. 3.27. Angulos de Ataque del Cable de Izaje**

## CAPITULO IV

### ESTRUCTURA DE COSTOS

#### 4. Estructura de Costos

##### 4.1. Consideraciones generales de los Costos

El costo del aluminio es de aproximadamente 4 veces el costo del acero.

Un Skip de acero, adecuadamente diseñado y con liners (forros), debe rendir 30,000 viajes o 500,000 ton, previo a su mantenimiento.

Un Skip de aluminio adecuadamente diseñado, con mantenimiento y reparaciones incluidas, debe tener rendir un total de 5,000 000 ton.

Enviar a mantenimiento regular y/o reparación a un Skip de aluminio, tiene un costo de alrededor del 35% del valor de uno nuevo.

Se consideraran los siguientes costos unitarios:

Planchas de Acero ASTM A36.....	\$ 0.810 / kg
Perfiles WF de Acero ASTM A36.....	\$ 0.959 / kg
Perfiles C de Acero ASTM A36.....	\$ 0.955 / kg
Tubería Galvanizada ISO 65 – (¾", 1 ¼ ", 2").....	\$ 1.800 / kg
Tubería STD ISO 65 - (¾", 1 ¼ ", 2").....	\$ 1.350 / kg
Perno ASTM/A325/A490 - 5/8".....	\$ 0.850 / kg
Perno ASTM/A325/A490 - 3/4".....	\$ 1.300 / kg
Soldadura AWS/E6011.....	\$ 4.260 / kg
Soldadura AWS/E7018.....	\$ 3.760 / kg

#### 4.2. Estructura de Costos - Jaula

Item	Marca	Descripcion	Material	Cant	Espesor mm	Largo mm	Ancho mm	Alto mm	Peso Un. kg	Peso Tot. Kg	C. Unit. \$/kg	Costo Total \$
1	A	Estructura principal	Angulo A36	4	10	2565	80	80	31.00	124.00	0.955	118.42
2	B	Zapatas	Plancha A36	4	10	280	155		3.60	14.40	0.810	11.66
3	C	Guias de Zapatas	Plancha A36	8	10	400	64		2.04	16.32	0.810	13.22
4	D	Estructura Lateral de Jaula	Angulo A36	4	10	2450	80	80	27.2	108.80	0.955	103.90
5	E	Soporte de Techo	Canal A36	6	6	570	152	64	7.60	45.60	0.955	43.55
6	F	Plancha para Techo	Plancha A36	3	5	500	1050		21.00	63.00	0.810	51.03
7	H	Soporte de Techo	Canal A36	2	11	1012	200	64	29.00	58.00	0.955	55.39
8	J	Soporte de Ruedas	Plancha A36	4	16				21.00	84.00	0.810	68.04
9	JK	Ruedas	Elastomero	12	∅ 250				3.00	36.00	30.850	370.20
10	K	Soporte	Canal A36	4	6	1080	127	64	13.20	52.80	0.955	50.42
11	L	Soporte	Canal A36	2	6	1400	127	64	17.00	34.00	0.955	32.47
12	M	Base de Jaula	Canal A36	2	8		152	64	40.00	80.00	0.955	76.40
13	PA	Plancha lateral de Jaula	Plancha A36	2	3	2000	1380		69.00	138.00	0.810	111.78
14	PB	Plancha lat. superior de Jaula	Plancha A36	2	5	560	1380		28.00	56.00	0.810	45.36
15	PC	Plancha trasera de Jaula	Plancha A36	1	3	2450	1070		66.00	66.00	0.810	53.46
16	PD	Puerta de Jaula	Plancha A36	2	5	2100	530		42.50	85.00	0.810	68.85
17	PE	Plancha sobre puerta	Plancha A36	1	5	1070	350		14.30	14.30	0.810	11.58
18	PF	Base de Jaula	Plancha A36	1	6	1070	1380		75.00	75.00	0.810	60.75
19		Eje del sistema de Seg. Cable	Eje SAE1020	2	∅ 64	1224			31.50	63.00	3.500	220.50
20		Gancho de Sistema de Seg.	Fe.Fdo. CE-1	4					9.00	36.00	3.500	126.00
21		Acople	Fe.Fdo. CE-1	2					3.00	6.00	3.500	21.00
22		Acople	Plancha A36	2					1.00	2.00	0.810	1.62
23		Plancha de sujeción	Plancha A36	2	25				34.00	68.00	0.810	55.08
24		Plancha de Unión	Plancha A36	1	10	320	190		4.80	4.80	0.810	3.89
25		Muelle	DIN 17221	1	6				10.60	10.60	6.160	65.30
26		Plancha de Unión	Plancha A36	2	12				44.70	89.40	0.810	72.41
27		Soporte	Angulo A36	4	10	590	50	50	8.00	32.00	0.955	30.56
28		Gancho / Guardacable	Fe.Fdo. CE-1	1					2.00	2.00	3.500	7.00
<b>Total Materiales Jaula</b>										<b>1,465.02</b>		<b>1,949.85</b>
		Consumibles / Recubrimiento	Oxigeno, gas, soldadura, pintura etc.									250.00
		Mano de Obra	Fabricacion, Maquinado									1,200.00
		Supervision / Aseguramiento										900.00
<b>Sub Total</b>										<b>4,299.85</b>		
		Gastos Generales	15%									644.98
		Utilidad	20%									859.97
		<b>Total</b>										<b>5,804.80</b>
<b>Total incluido I.G.V. (19%)</b>												<b>6,907.71</b>

### 4.3. Estructura de Costos – Skip

Item	Marca	Descripcion	Material	Cant	Espesor mm	Largo mm	Ancho mm	Alto mm	Peso Un. kg	Peso Tot. Kg	C. Unit \$/kg	Costo Total \$
1	A	Placa principal superior	Plancha A36	2	12				72.60	145.20	0.810	117.61
2	B	Estructura principal	Angulo A36	4	10	3577	80	80	38.00	152.00	0.955	145.16
3	C	Placa principal inferior	Plancha A36	2	12				40.60	81.20	0.810	65.77
4	D	Zapatras	Plancha A36	4	10	280	155		3.50	14.00	0.810	11.34
5	DE	Plancha de refuerzo de Est.	Plancha A36	2	6	3577	340		58.00	116.00	0.810	93.96
6	E	Guias de Zapatas	Plancha A36	8	10	400	64		2.00	16.00	0.810	12.96
7	F	Eje del sistema de Seg. Cable	Eje SAE1020	2	Ø 64	1224			31.50	63.00	3.500	220.50
8	EF	Gancho de Sistema de Seg.	Fe.Fdo. CE-1	4					9.00	36.00	3.500	126.00
9	G	Acople	Fe.Fdo. CE-1	2					3.00	6.00	3.500	21.00
10	H	Acople	Plancha A36	2					1.00	2.00	0.810	1.62
11	I	Plancha de sujeción	Plancha A36	2	25				34.00	68.00	0.810	55.08
12	J	Plancha de Unión	Plancha A36	1	10	320	190		4.80	4.80	0.810	3.89
13	K	Muelle	DIN 17221	1	6				10.60	10.60	6.160	65.30
14	L	Plancha de Unión	Plancha A36	2	12				44.70	89.40	0.810	72.41
15	KL	SopORTE	Angulo A36	4	10	590	50	50	8.00	32.00	0.955	30.56
16	M	Angulo de SopORTE	Angulo A36	4	10	1000	76	76	10.60	42.40	0.955	40.49
17	N	SopORTE de Techo	Canal A36	6	10	480	127	64	9.00	54.00	0.955	51.57
18	O	Techo	Plancha A36	3	5	1000	480		19.00	57.00	0.810	46.17
19	P	Gancho / Guardacable	Fe.Fdo. CE-1	1					2.00	2.00	3.500	7.00
20	Q	Separador – SopORTE	Plancha A36	1	25	1020	200		40.00	40.00	0.810	32.40
21	PQ	SopORTE de Ruedas	Plancha A36	4	16				21.00	84.00	0.810	68.04
22	PR	Ruedas	Elastomero	12	Ø 250				3.00	36.00	30.850	370.20
23	R	Separador – SopORTE	Canal A36	2	11	1000	250	64	32.00	64.00	0.955	61.12
24	RQ	SopORTE	Angulo A36	8	10	200	150	65	3.70	29.60	0.955	28.27
25	S	Angulo de Unión	Angulo A36	2	10	1000	127	76	14.50	29.00	0.955	27.70
26	T	Eje de volteo del Skip	Eje SAE1020	1	Ø 64	1020			26.00	26.00	3.500	91.00
27	TU	Chumaceras	Fe.Fdo. CE-1	2					3.00	6.00	3.500	21.00
28	U	Chumaceras	Fe.Fdo. CE-1	2					3.00	6.00	3.500	21.00
29	V	Polín de Balde	Fe.Fdo. CE-1	2					58.00	116.00	3.500	406.00
30	W	Rodillo de Seguridad	Plancha A36	1					52.00	52.00	0.810	42.12
31	X	Estructura lateral del balde	Angulo A36	4	10	1765	89	89	22.20	88.80	0.955	84.80
32	Y	Estructura base del balde	Angulo A36	2	10	1380	89	89	17.36	34.72	0.955	33.16
33	PB	Plancha lateral del balde	Plancha A36	2	10	670	660		33.70	67.40	0.810	54.59
34	PC	Plancha lateral del balde	Plancha A36	2	19	1750	1370		364.40	728.80	0.810	590.33
35	PD	Plancha lateral del balde	Plancha A36	2	19	1750	780		207.50	415.00	0.810	336.15
36	PE	Plancha base del balde	Plancha A36	1	19	1370	780		162.40	162.40	0.810	131.54
37	OA	Refuerzo	Plancha A36	40	10	152	152		1.76	70.40	0.810	57.02
38	OB	Refuerzo	Plancha A36	6	19	630	10		9.72	58.32	0.810	47.24
39	OC	Refuerzo	Plancha A36	4	19	1210	10		18.60	74.40	0.810	60.26
40	OD	Refuerzo	Plancha A36	2	19	1210	152		28.00	56.00	0.810	45.36
41	XY	Plancha de Desgaste	Plancha A36	2	8	1750	1370		153.40	306.80	0.810	248.51
42	XZ	Plancha de Desgaste	Plancha A36	2	8	1750	780		87.36	174.72	0.810	141.52
43	YZ	Plancha de Desgaste	Plancha A36	1	8	1370	780		68.30	68.30	0.810	55.32
		Placas de Volteo	Plancha A36	2						810.00	0.955	773.55
<b>Total Materiales Skip</b>										<b>4,596.26</b>		<b>5,016.61</b>
<b>Consumibles / Recubrimiento</b>			<b>Oxigeno, gas, soldadura, pintura etc.</b>									<b>655.00</b>
<b>Mano de Obra</b>			<b>Fabricacion, Maquinado</b>									<b>3,400.00</b>
<b>Supervision / Aseguramiento</b>												<b>900.00</b>
<b>Sub Total</b>											<b>9,971.61</b>	
<b>Gastos Generales</b>			<b>15%</b>									<b>1,495.74</b>
<b>Utilidad</b>			<b>20%</b>									<b>1,994.32</b>
<b>Total</b>												<b>13,461.67</b>
<b>Total incluido I.G.V. (19%)</b>											<b>16,019.39</b>	

#### 4.4. Estructura de Costos - Castillo o Torre

Item	Marca	Descripcion	Material	Cant.	Espesor mm	Largo mm	Ancho mm	Alto mm	Peso Un. kg	Peso Tot. Kg	C. Unit \$/kg	Costo Total \$
1		Miembro Frontal WF12"x8"x45	Perfil WF A36	2		27.7			1,851.44	3,702.89	0.959	3,551.07
2		Miembro Post. WF12"x10"x53	Perfil WF A36	2		33			2,599.23	5,198.45	0.959	4,985.31
3		Amarre Diagonal 4"x3"x5/16"	Angulo A36	2		10.5			112.13	224.27	0.955	214.18
4		Amarre Diagonal 4"x3"x5/16"	Angulo A36	2		9.48			101.53	203.06	0.955	193.92
5		Amarre Diagonal 4"x3"x5/16"	Angulo A36	2		8.05			86.22	172.43	0.955	164.67
6		Amarre Diagonal 4"x3"x5/16"	Angulo A36	2		7.28			77.97	155.94	0.955	148.92
7		Amarre Diagonal 4"x3"x5/16"	Angulo A36	2		7.61			81.50	163.01	0.955	155.67
8		Amarre Diagonal 4"x3"x5/16"	Angulo A36	2		11			118.02	236.05	0.955	225.43
9		Amarre Diagonal 4"x3"x5/16"	Angulo A36	2		10.2			108.71	217.41	0.955	207.63
10		Amarre Diagonal 4"x3"x5/16"	Angulo A36	2		8.69			93.07	186.14	0.955	177.76
11		Amarre Diagonal 4"x3"x5/16"	Angulo A36	2		8.06			86.32	172.65	0.955	164.88
12		Amarre Diagonal 4"x3"x5/16"	Angulo A36	2		8.83			94.57	189.14	0.955	180.63
13		Amarre Diagonal 4"x3"x5/16"	Angulo A36	2		9.47			101.42	202.85	0.955	193.72
14		Amarre Diagonal 4"x3"x5/16"	Angulo A36	2		6.84			73.26	146.51	0.955	139.92
15		Amarre Diagonal 4"x3"x5/16"	Angulo A36	2		12.2			130.66	261.32	0.955	249.56
16		Amarre Diagonal 4"x3"x5/16"	Angulo A36	2		9.31			99.71	199.42	0.955	190.45
17		Amarre Diagonal 4"x3"x5/16"	Angulo A36	2		15.8			169.43	338.86	0.955	323.62
18		Amarre Diagonal 4"x3"x5/16"	Angulo A36	2		12.5			133.34	266.68	0.955	254.68
19		Amarre Diagonal 4"x3"x5/16"	Angulo A36	2		6.08			65.12	130.23	0.955	124.37
20		Amarre Diagonal 4"x3"x5/16"	Angulo A37	2		15.7			168.25	336.51	0.955	321.37
21		Amarre Horizontal WF12"x12"x65	Perfil WF A36	2		14.8			1,435.18	2,870.35	0.959	2,752.67
22		Amarre Horizontal WF12"x12"x65	Perfil WF A36	2		11.2			1,081.22	2,162.44	0.959	2,073.78
23		Amarre Horizontal WF12"x12"x65	Perfil WF A36	2		7.93			766.91	1,533.82	0.959	1,470.93
24		Amarre Horizontal WF12"x12"x65	Perfil WF A36	2		4.47			432.29	864.59	0.959	829.14
25		Amarre Horizontal WF12"x12"x65	Perfil WF A36	2		8.43			815.27	1,630.53	0.959	1,563.68
26		Amarre Horizontal WF12"x12"x65	Perfil WF A36	2		7.03			679.87	1,359.74	0.959	1,303.99
27		Amarre Horizontal WF12"x12"x65	Perfil WF A36	2		5.78			558.98	1,117.97	0.959	1,072.13
28		Amarre Horizontal WF12"x12"x66	Perfil WF A37	2		4.46			431.33	862.65	0.959	827.28
29		Viga Polea C 15"x33.9	Canal A36	2		4.5			226.98	453.96	0.955	433.53
30		Viga Polea L 5"x3"x1/2"	Angulo A36	8		4.5			85.73	685.80	0.955	654.94
31		Viga Polea PL 19"x1/2"	Plancha A36	2		4.5			220.64	441.28	0.810	357.44
32		Viga Polea L 8"x6"x1/2"	Angulo A36	8		1.8			61.60	492.77	0.955	470.59
33		Viga Polea L 5"x5"x3/8"	Angulo A36	40		1.8			27.86	1,114.56	1.955	2,178.96
34		Viga Polea PL 1/2"	Plancha A36	4					311.00	1,244.00	0.810	1,007.64
<b>Total Materiales Castillo</b>									<b>29,538.28</b>	<b>29,164.46</b>		
		Consumibles / Recubrimiento	Oxígeno, gas, soldadura, pintura etc.									4,630.34
		Mano de Obra	Fabricación, Montaje									22,942.50
		Supervisión / Aseguramiento										6,362.26
<b>Sub Total</b>										<b>63,099.56</b>		
		Gastos Generales	15%									9,464.93
		Utilidad	20%									12,619.91
		<b>Total</b>										<b>85,184.41</b>
<b>Total incluido I.G.V. (19%)</b>										<b>101,369.45</b>		

#### **4.5. Estructura de Costos - Winche de Izaje**

El winche de izaje C.I.R.1439B, es un winche de segundo uso de compró en Canadá repotenciado y actualizado cuyo importe final fue de **US\$ 360,000.00**, es una máquina muy confiable y segura, tiene un proyección de vida económica de por lo menos 50 años más, cabe señalar que el importe de un winche equivalente nuevo es de aproximadamente **US\$ 2.5 millones**. Los frenos tienen casi el doble de capacidad para la aplicación actual. El motor eléctrico del tipo AC, si bien no es tan versátil como el tipo DC, sin embargo por su simplicidad requiere una asistencia técnica mínima y su costo es mucho menor que un sistema DC, generalmente es usual contar con un motor en Stand By. El sistema neumático es simple y confiable, y de fácil mantenimiento.

#### **4.6. Estructura de Costos - Cables y Poleas**

Longitud Total de Cable 1 1/4" – 6x19 (L)

$L = 2$  (Profundidad del Pique + Altura del Castillo + Polea - Winche + Arrollamiento Tambor)

$L = 2 (305.00 + 27.00 + 39.20 + 52 \pi (2.40)) = 1,526.54 \text{ m}$

Costo Unitario de Cable 1 1/4" – 6x19: \$ 2.46 / m

**Costo Total de Cable: \$ 3,755.28 + igv**

Peso de Poleas de Hierro Fundido 96" (W)

$W = 2 (1,360.80) = 2,721.60 \text{ kg}$

Costo Unitario de Poleas 96": \$ 3.50 / kg

**Costo Total de Poleas: \$ 9,525.60 + igv**

## CONCLUSIONES

1. **Sistema de Izaje** - Se concluye que debido a la alta especialización, este tipo de proyectos debe tener el concurso de organizaciones reconocidas a nivel mundial, a fin de garantizar entregables de calidad certificada, asegurando así la inversión.
2. **Jaulas y Skips** - Se concluye que el Sistema de Seguridad de ambas estructuras ha sido diseñado adecuadamente, esto según los resultados obtenidos luego de realizar la prueba de vacío correspondiente en campo. Ver Apéndice D1.
3. **Cables y Poleas** - Se concluye que dada la configuración del arreglo entre: poleas, cables y tambores, el cable alcanzara una vida útil aceptable, dado el óptimo Angulo de Ataque (Fleet Angle) que desarrollan los cables entre las poleas y los tambores del Winche, esto está sujeto también a que se dé a los cables un adecuado servicio de mantenimiento.
4. **Torre o Castillo** - Se concluye que es posible lograr mejores resultados con perfiles más ligeros, dado que existe un bajo nivel de esfuerzos, así como altos niveles de seguridad al pandeo. Difícilmente puede ser excitada dinámicamente por las cargas de operación, aunque sería necesario un análisis bajo cargas sísmicas.
5. **Estructura de Costos** – Se concluye que el Winche de Izaje es el elemento que tiene el mayor impacto dentro de la estructura de costos, siendo aproximadamente un 50% de la estructura global (estructuras y elementos) del Sistema de Izaje.

## RECOMENDACIONES

- 1. Jaulas y Skips** - Se recomienda realizar una evaluación Técnico - Económica, para el empleo de aluminio en lugar de acero en la fabricación de los Skips. Se recomienda realizar protocolos de pruebas al sistema de seguridad de la jaula, con tal de garantizar la activación del mismo en caso de falla del cable.
- 2. Cables y Poleas** - Se recomienda desarrollar un procedimiento para la manipulación del cable de izaje a fin de garantizar su conservación hasta su total instalación. Se recomienda someter a ensayos no destructivos a las poleas, antes de su montaje.
- 3. Torre o Castillo** - Se recomienda modelar la estructura, sometiéndola a un análisis por el método de los elementos finitos, considerando un comportamiento elástico lineal de la misma. Usar el programa MSC NASTRAN.
- 4. Winche de Izaje** - Se recomienda construir el cerramiento del Winche (casa winche) una vez montado el mismo e instalados los cables de izaje. Se recomienda realizar protocolos de prueba al sistema de freno y embrague del Winche antes de la puesta en operación.
- 5. Preparación de Superficie y Pintado de Estructuras Metálicas** - Se recomienda preparar las superficies metálicas, según la Norma SSPC (Steel Structures Painting Council), escoger el grado SSPC SP6 (Granallado / Arenado comercial), considerar las superficies con un grado de herrumbre tipo B. Se recomienda pintar las superficies metálicas, según la Norma SSPC, sistema de pintado SSPC-PS 13 / 5mils DFT.

## BIBLIOGRAFIA

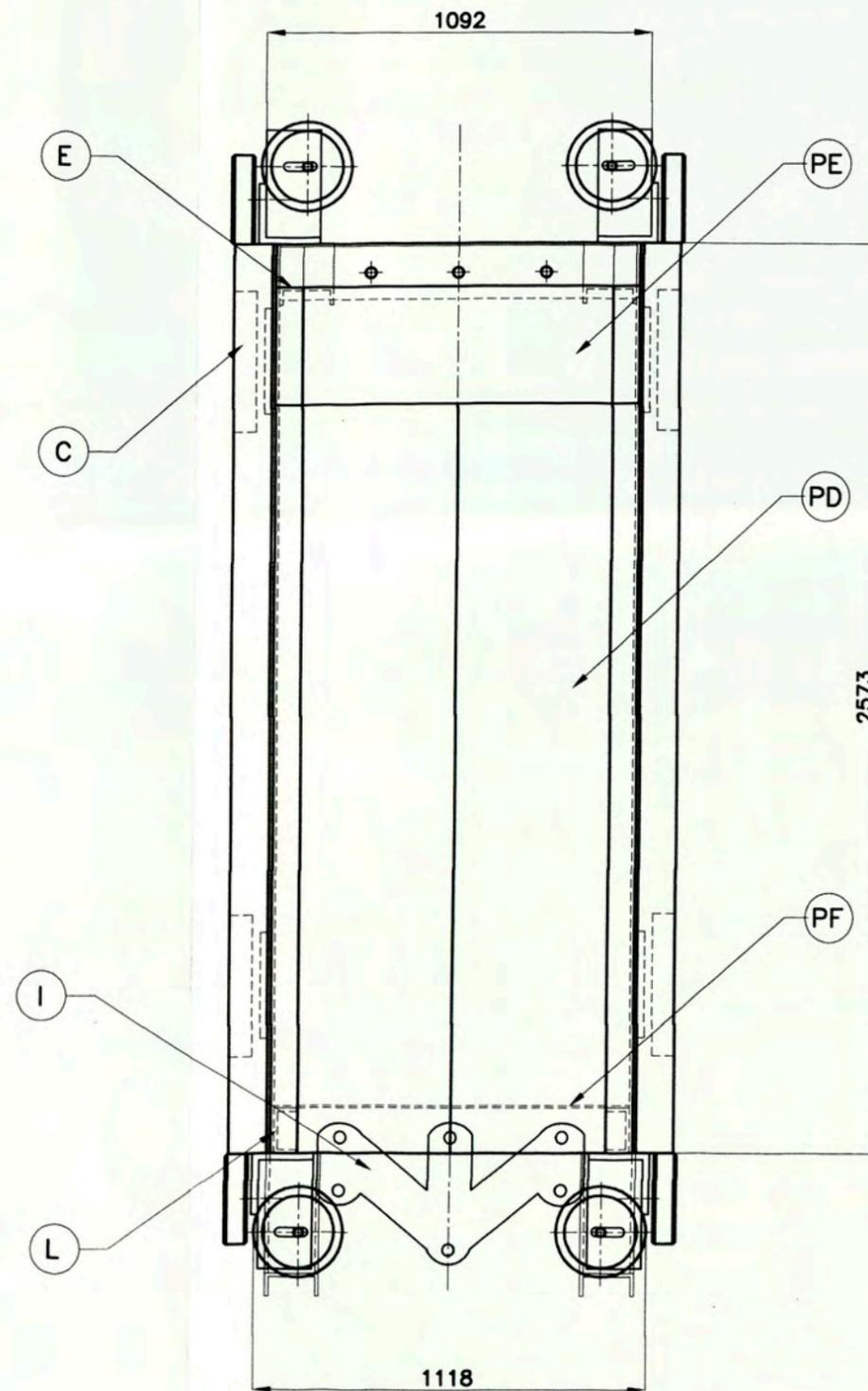
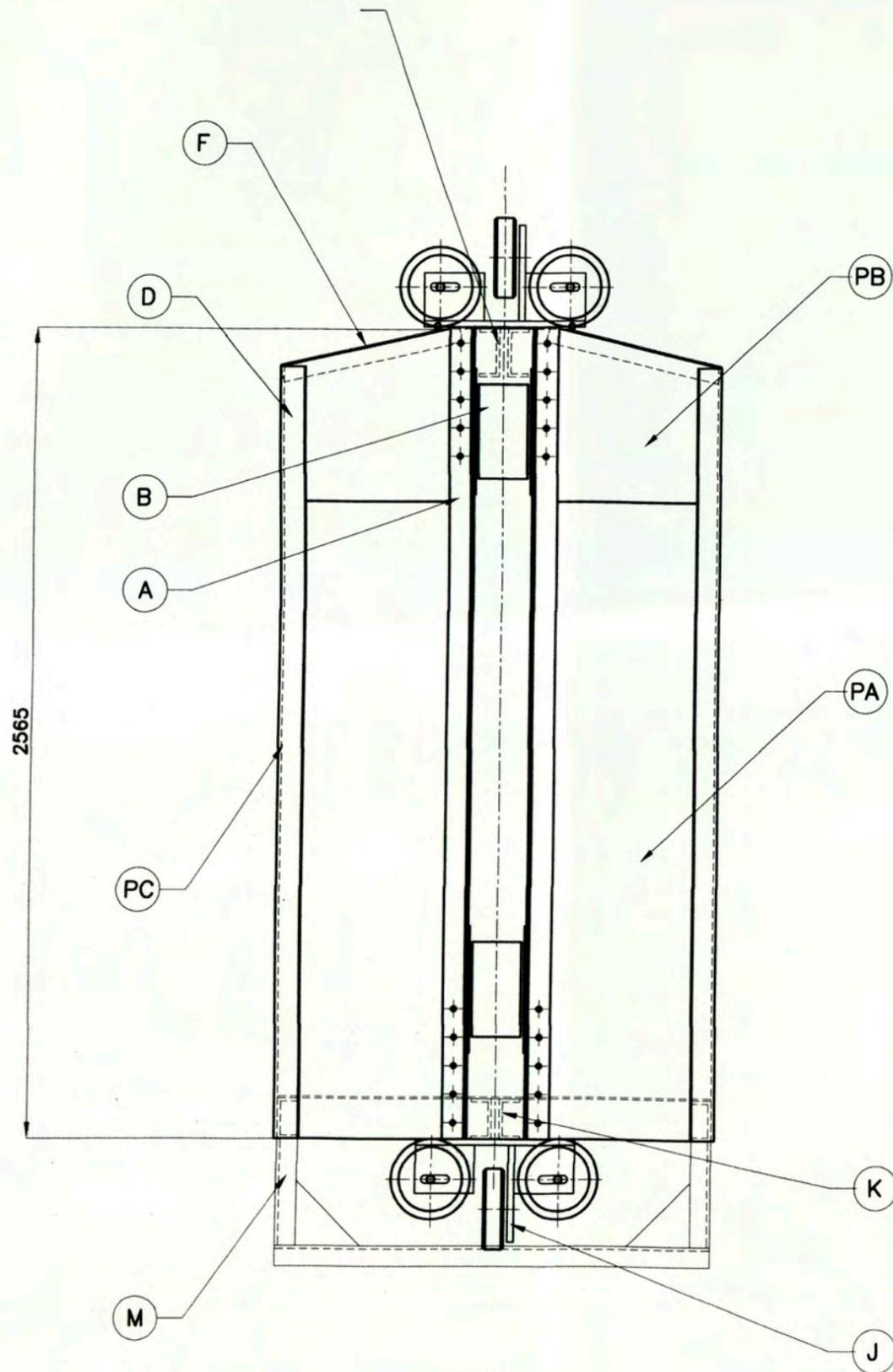
1. W.W. Staley, E.M. , M.S. (Met.), **Mine Plant Desing**, McGraw – Hill Book Company, Inc. Second Edition, 1949
2. Howard L. Hartman, **SME Mining Engineering Handbook**, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. 2nd Edition, 1992
3. Jack De La Vergne, **Hard Rock Miner's Handbook**, Mcintosh Redpath Engineering Limited, Edition 2, 2000
4. U.S. Department of labor Mine Safety and Health Administration, **Hoisting, Coal and Metal and Nonmetal Entry Level Training**, CI 29
5. J. S. Redpath Group of Companies Dynatec Mining Ltd., **Guidelines for the Design and Operation of Work Stages and Platforms**, Mac Isaac Mining and Tunnelling, Ontario Ministry of Labour, August 1989
6. AISC, **Manual of Steel Construction**, American Institute of Steel Construction, Inc. Seventh Edition, 1973
7. Fortunato Alva Dávila, **Diseño de Elementos de Maquinas I y II, 1era Edición, 1992**, Editorial Grupo Universitario S.A.C. Perú.
8. Robert Nonnast, **El Proyectista de Estructuras Metálicas Vol.1, Vol. 2**, Editorial Paraninfo, Edición 21 Vol.1, Edición 12 Vol. 2, 2000
9. Harry Mileaf, **Electricity One-Seven**, Hayden Book Company, Inc. 1966
10. Florencio Jesús Cembranos Nistal, **Instalaciones y Mantenimiento Electromecánico de Maquinaria y Conducción de Líneas - Automatismos Eléctricos, Neumáticos e Hidráulicos**, Editorial Paraninfo, 1999, ISBN: 84-283-2538-3
11. Estanislao De la Cruz Carrasco, **Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingenieria Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica UNMSM ISSN 1561 0888**, Versión Impresa
12. Adán Serrano Caro, **Informe de suficiencia / Diseño de un skip para izaje de mineral convertible a jaula para transporte personal en Pique vertical**, Universidad Nacional de Ingeniería, FIM, Cód.: M3-IS/2859, 2008.

13. C. E. Berck, **Cálculo de Taller (Manual del Mecánico)**, Segunda Edición Española / Editor: José Montesó / Barcelona 1953
14. Juan Carlos Gil Espinosa, Enrique Berbós Almenara, Tomás Herránz Cortés, **Manual de Mecánica Industrial / Soldadura y Materiales**, Editorial Cultural S.A. / Edición 2002 / ISBN: 84-8055-282-4
15. Web Page: Wikipedia  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Hoist\\_\(mining\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Hoist_(mining)), 30/06/2010  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Headframe>, 30/06/2010  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Mina\\_\(miner%C3%ADa\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Mina_(miner%C3%ADa)), 30/06/2010
16. Web Page: Granalladoras CyM Materiales S.A. / Santa Fe, Argentina  
<http://cym.com.ar/castellano/informes/granallado-normas-preparacion-de-superficie.pdf>, 29/08/2010

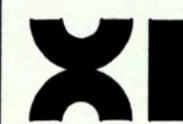
## LISTADO DE PLANOS

### DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE IZAJE EN UNA MINA SUBTERRANEA DE 1,200 TM/DIA

N° Plano	Rev.	Descripción	Aprobado con Observación	Aprobado Sin Observación	No Aprobado	Observación
UNI100-01	A	Arreglo General del Sistema de Izaje - Vista de Planta				Ver Apéndice
UNI100-02	A	Arreglo General del Sistema de Izaje - Vista Sección				Ver Apéndice
UNI110-01	A	Jaula / Vistas Frontal - Lateral				Pág. 94
UNI110-02	A	Jaula / Detalles de Componentes I				Pág. 95
UNI110-03	A	Jaula / Detalles de Componentes II				Ver Apéndice
UNI120-01	A	Skip / Vistas Frontal - Lateral				Pág. 96
UNI120-02	A	Skip / Detalles de Componentes I				Pág. 97
UNI120-03	A	Skip / Detalles de Componentes II				Ver Apéndice
UNI130-01	A	Castillo o Torre / Vista de Planta				Ver Apéndice
UNI130-02	A	Castillo o Torre / Vista Lateral				Ver Apéndice
UNI130-03	A	Castillo o Torre / Detalles Estructurales				Pág. 98
UNI140-01	A	Winche / Vista Isométrica de Cimiento				Ver Apéndice
UNI140-02	A	Winche / Vista Isométrica de Montaje				Ver Apéndice
UNI140-03	A	Winche / Sistema Eléctrico				Ver Apéndice



DISEÑO	L.V.L.A.
DIBUJO	L.V.L.A.
REVISO	T.R.B.M.
ESCALA	1/20
FECHA	20/10/10



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE INGENIERIA

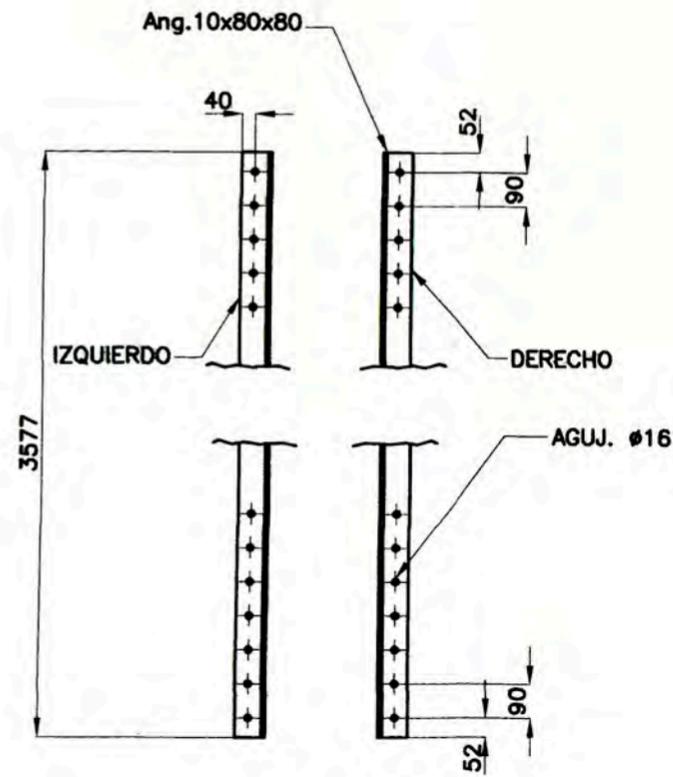
FACULTAD DE  
INGENIERIA MECANICA

TITULO:

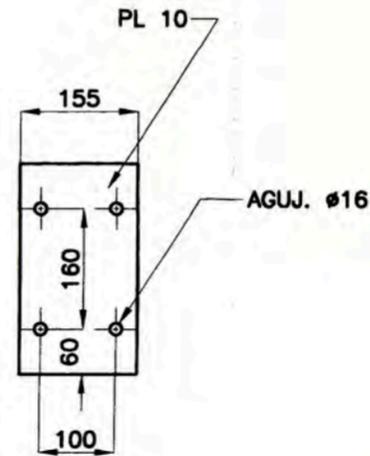
JAU  
LA  
VISTA FRONTAL  
VISTA LATERAL

PLANO N° UNI110-01

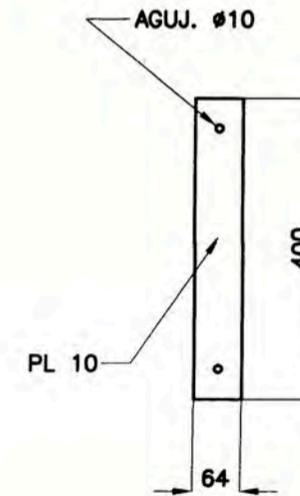
MARCA A



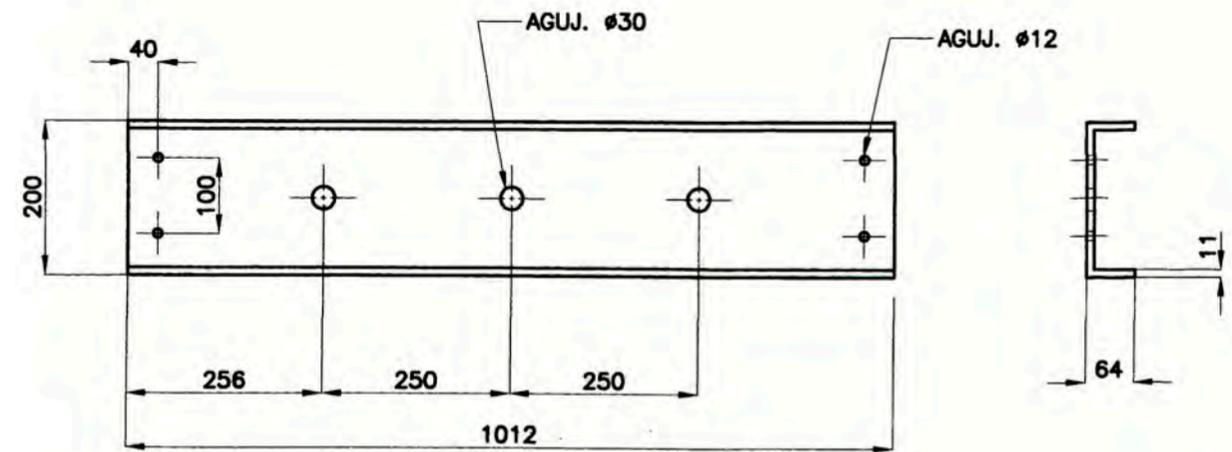
MARCA B



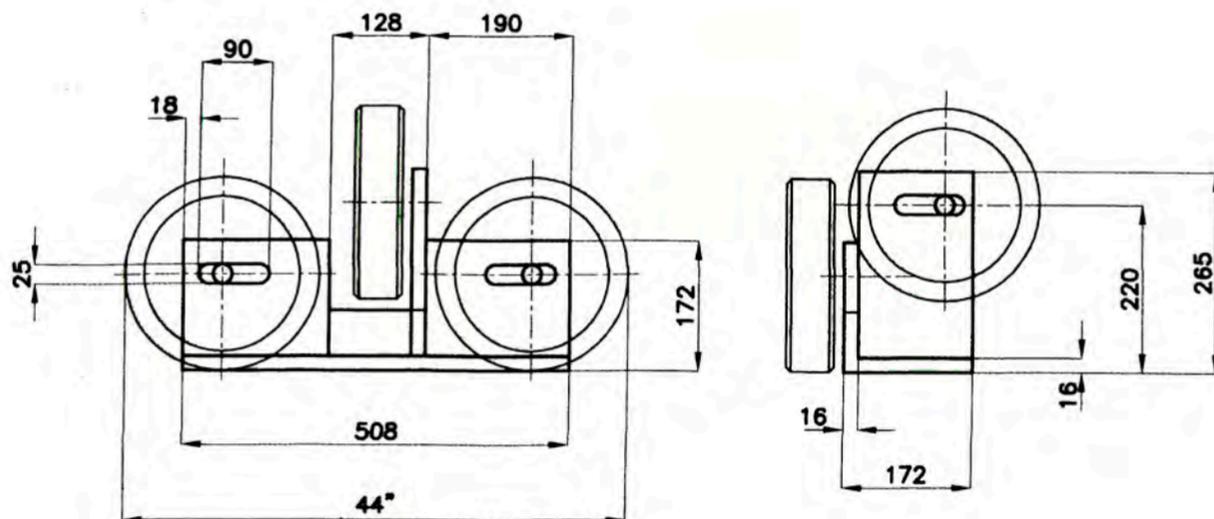
MARCA C



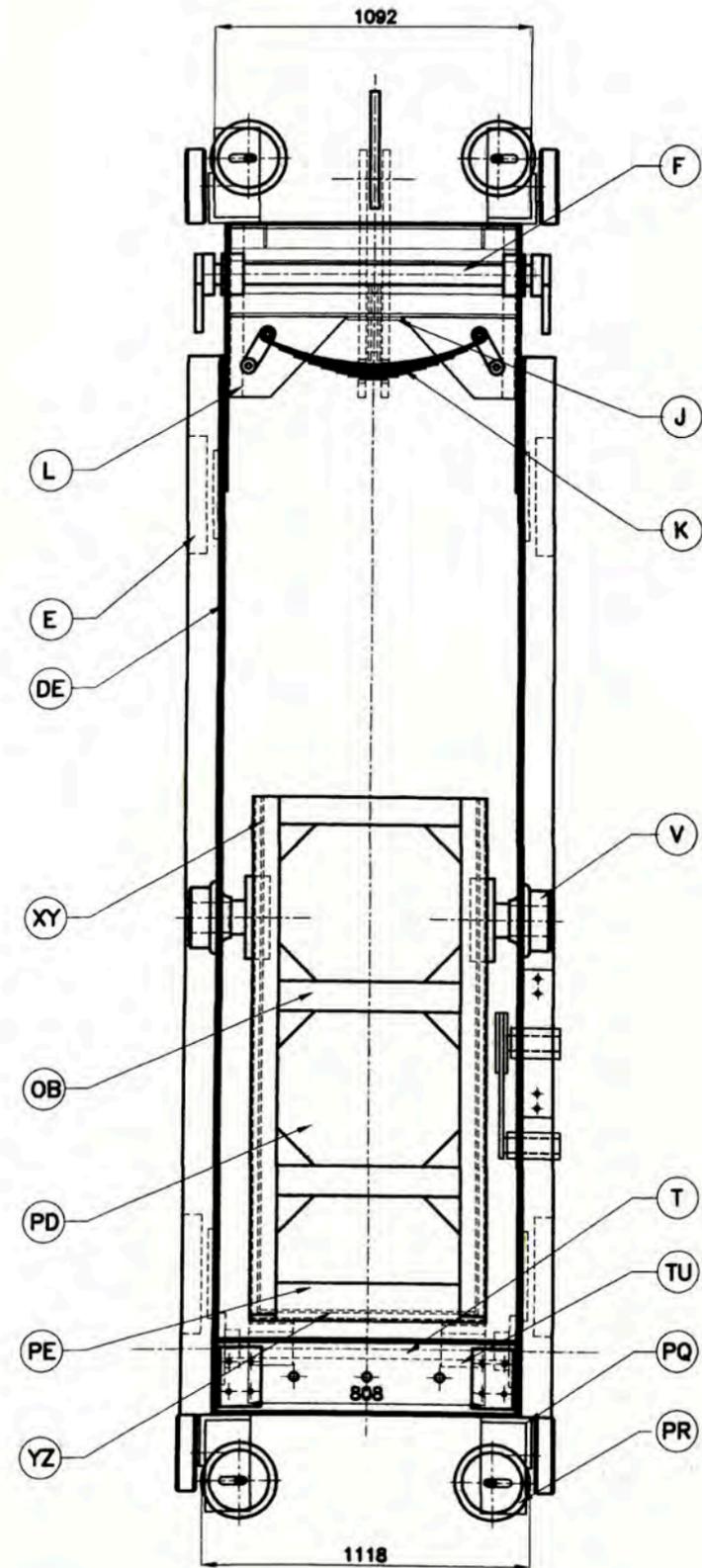
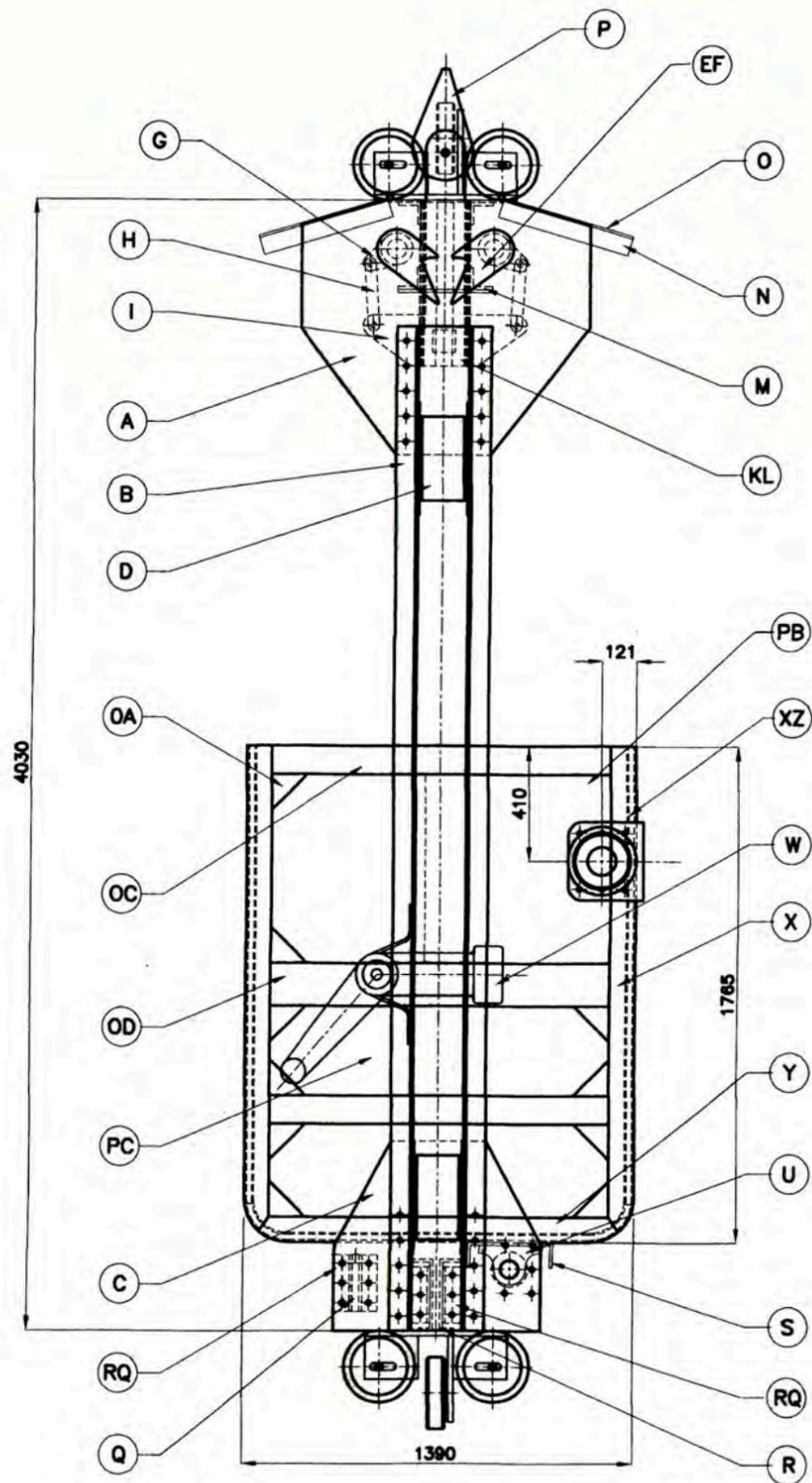
MARCA H



MARCA PQ

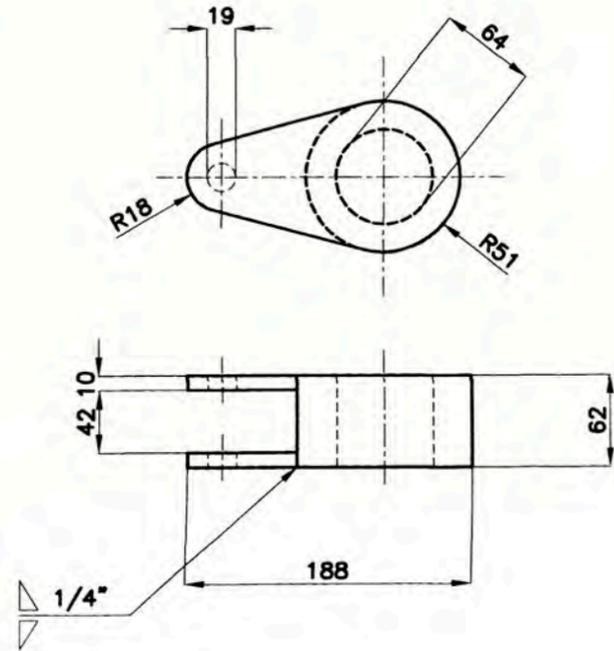


DISEÑO	L.V.L.A.	 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	TITULO:
DIBUJO	L.V.L.A.		JAUJA DETALLES DE COMPONENTES I
REVISO	T.R.B.M.	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	PLANO N°UNI110-02
ESCALA	1/10		
FECHA	20/10/10		

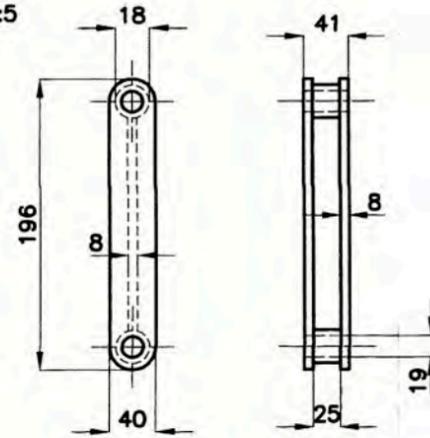


DISEÑO	L.V.L.A.	 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	TITULO:
DIBUJO	L.V.L.A.		SKIP
REVISO	T.R.B.M.	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	VISTA FRONTAL
ESCALA	1/25		VISTA LATERAL
FECHA	20/10/10		PLANO N° UNI120-01

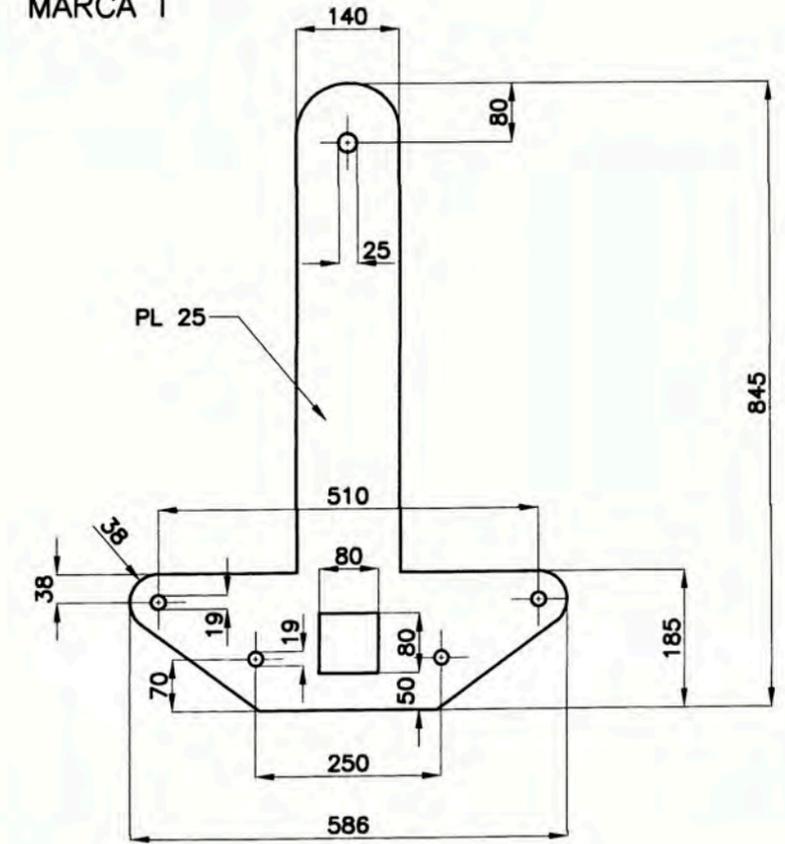
MARCA G  
ESCALA 1:5



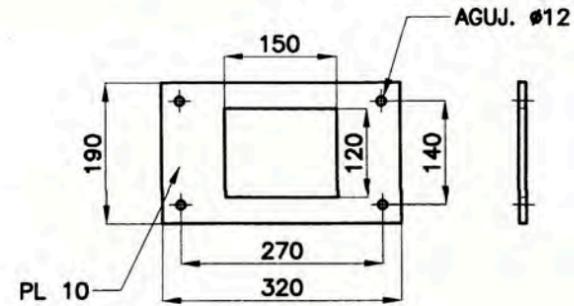
MARCA H  
ESCALA 1:5



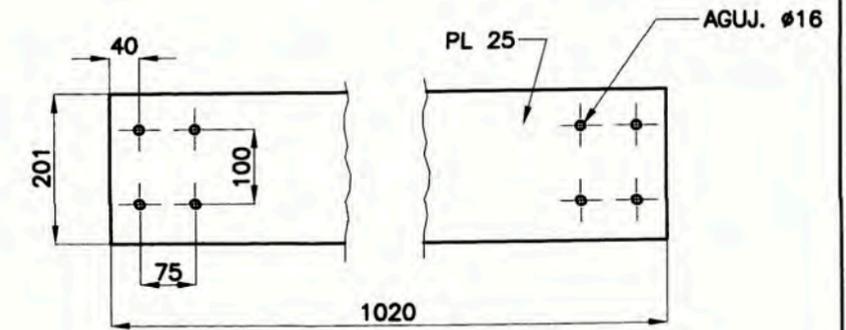
MARCA I



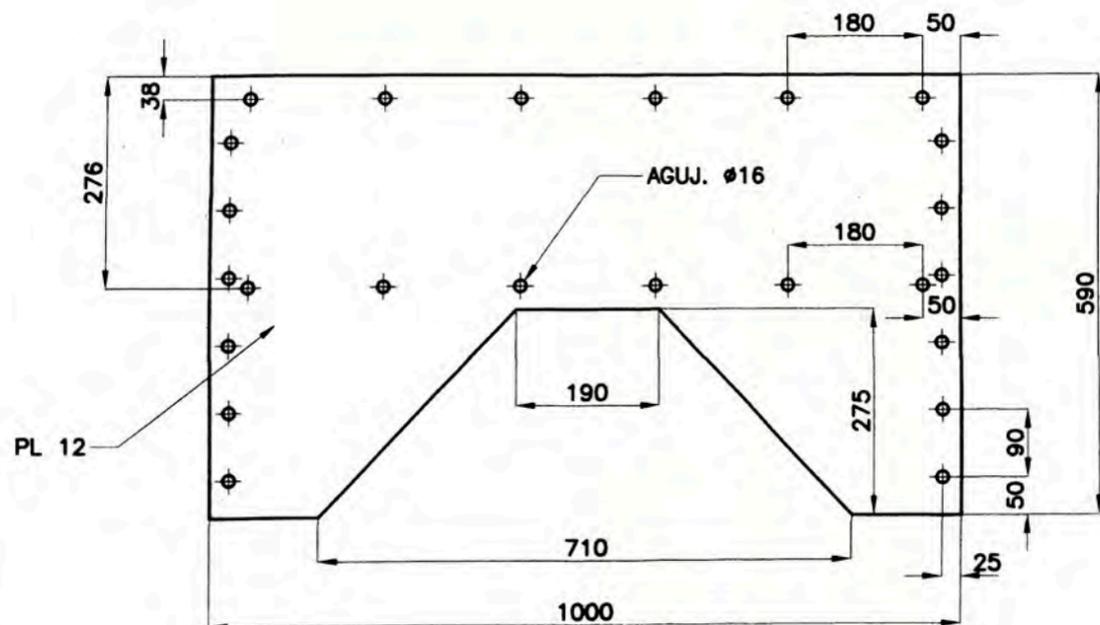
MARCA J



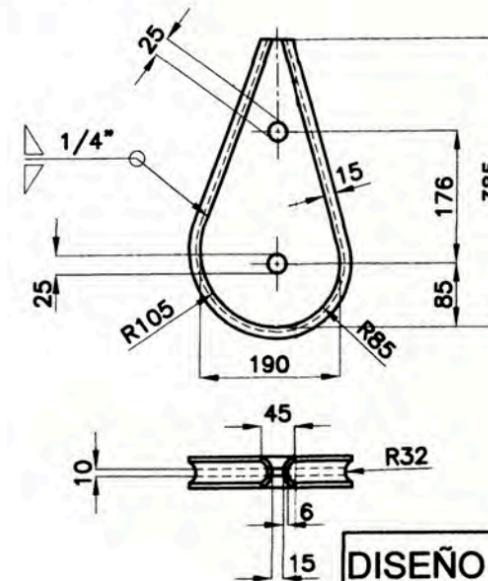
MARCA Q



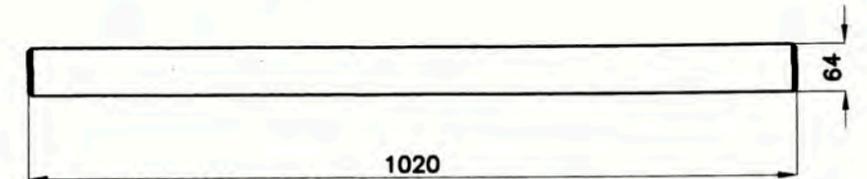
MARCA L



MARCA P



MARCA T



DISEÑO	L.V.L.A.
DIBUJO	L.V.L.A.
REVISO	T.R.B.M.
ESCALA	1/10
FECHA	20/10/10

**XI** UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

TITULO:	SKIP
	DETALLE DE COMPONENTES I
	PLANO N° UNI120-02

## **Apéndice**

### **Apéndice A. Introducción**

A1. Minería

### **Apéndice B. Minería Subterránea**

B1. Pique o Pozo Minero - Compumet E.I.R.L. / 2006

B2. Reglamento de Seguridad e Higiene Minera D.S. N° 046 - 2001 EM

### **Apéndice C. Sistema de Izaje**

C1. Sistema de Izaje

### **Apéndice D. Jaulas y Skips**

D1. Jaulas y Skips - Pruebas de Vacío

### **Apéndice E. Cables y Poleas**

E1. Cables de Acero. Elementos. Tipos

### **Apéndice F. Castillo o Torre**

F1. Headframe - From Wikipedia, the free encyclopedia

### **Apéndice G. Winche**

G1. Mine Hoist - From Wikipedia, the free encyclopedia

G2. Formulario - Hojas de Cálculo / Potencia de Motor

### **Apéndice H. Estructura de Costos**

H1. Resumen de Estructura de Costos

### **Apéndice I. Conclusiones y Recomendaciones**

I1. How to Use SSPC Standards and Guides

I2. Granallado - Normas Preparación de Superficie

### **Apéndice J. Figuras**

### **Apéndice K. Tablas**

### **Apéndice L. Planos**

L1. UNI.100-01. Arreglo General del Sistema de Izaje - Vista de Planta

L2. UNI.100-02. Arreglo General del Sistema de Izaje – Vista Sección

L3. UNI.110-03. Jaula / Detalles de Componentes II

L4. UNI.120-03. Skip / Detalles de Componentes II

L5. UNI.130-01. Castillo o Torre / Vista de Planta

L6. UNI.130-02. Castillo o Torre / Vista Lateral

L7. UNI.140-01. Winche / Vista Isométrica de Cimiento de Winche

L8. UNI.140-02. Winche / Detalles Vista Isométrica Cimiento Winche

L9. UNI.140-03. Winche / Sistema Eléctrico / Diagrama Unifilar

## PIQUES O POZOS MINEROS

Fuente: Compumet E.I.R.L – Capacitación para trabajadores Mineros, 2006

### 1. Definición de Pique

Los piques son labores verticales que sirven de comunicación entre la mina subterránea y la superficie exterior con la finalidad de subir o bajar al personal, material, equipos y el mineral.

### 2. Factores para su Construcción

Necesidades de extracción de mineral.

Reducción de los costos de producción.

Profundización de los niveles de extracción.

### 3. Consideraciones de Diseño

Análisis de costos en relación a otros piques.

El área favorable y suficientemente grande para las instalaciones de superficie.

La naturaleza del suelo debe ser adecuada para las cimentaciones, realizando estudios de geotecnia conducentes a la clasificación del macizo en el área de diseño.

La mina, debe tener buenas vías de acceso y espacio libre para favorecer el trabajo.

### 4. Estructura de un Pique

La estructura de un Pique, puede ser de madera o de acero. En otros casos, si se contara con un nivel inferior, la construcción del pique se puede practicar con un equipo raise borer, para el cual se perfora primero el hueco piloto y luego del nivel inferior se empieza a rimar (ensanchar) con una broca de mayor diámetro y finalmente se completa a la sección diseñada. En todos los casos el terreno debe ser competente y debe ser una zona donde no exista filtración de agua.

### 5. Formas de la Sección Transversal de un Pique

Los piques de mina, por lo general son de forma rectangular y circular, son menos frecuentes y muy raramente los de sección elíptica o curvilínea.

Para elegir la forma de la sección transversal, es necesario tener en cuenta lo siguiente:

La calidad del macizo rocoso.

El tiempo de servicio y el destino final del pozo.

El material de fortificación a ser utilizado.

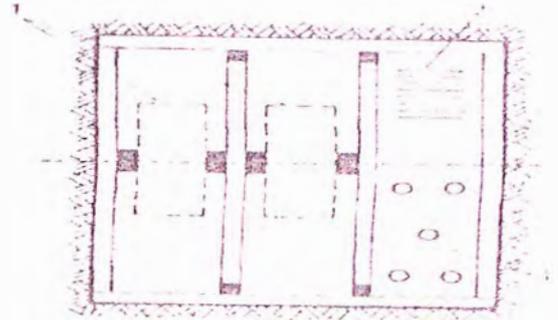
#### • Sección Rectangular

Es la forma más empleada; sin embargo, ofrece las siguientes desventajas:

Dificultad en la formación de ángulos rectos, particularmente en rocas duras.

Posibilidad de una deformación significativa de la fortificación en caso de rocas débiles e inestables.

Mala distribución de esfuerzos alrededor de la excavación



### Forma Rectangular de la Sección Transversal de un Pique

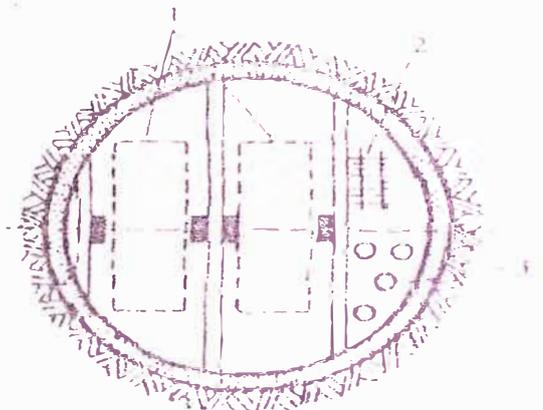
Compartimientos:

- (1) de ascenso
- (2) de escalera
- (3) de tuberías y cables

#### • Sección Circular

La sección circular garantiza una mayor estabilidad, debido a que la fortificación va a resistir mejor la presión causada por la roca circundante; ya que ésta, se distribuye más uniformemente.

Además los piques de sección circular poseen un menor coeficiente de resistencia aerodinámica.



### Forma Circular de la Sección Transversal de un Pique

Compartimientos:

- (1) de ascenso
- (2) de escalera
- (3) de tuberías y cables

### 6. Determinación de dimensiones de la sección transversal de un Pique

Las dimensiones de la sección de los piques se pueden determinar a partir de la ubicación de los compartimientos, teniendo en cuenta los espacios a dejar entre dichos compartimientos y entre la fortificación.

Dependen de la capacidad de la carga y de la profundización de los trabajos de extracción

Es factor importante, la Productividad de la mina.

**SUBCAPITULO SIETE  
TRANSPORTE, CARGA, ACARREO Y DESCARGA**

**Artículo 238°.-** Para carga, acarreo y descarga subterránea el titular de la actividad minera cumplirá lo siguiente:

- a) Las locomotoras y automotores estarán provistas de faros delanteros y posteriores, frenos y bocina, además de señales portátiles o dispositivos de material altamente reflectivo de color rojo en el último carro del convoy.
- b) Los titulares de actividad minera establecerán los estándares de acarreo subterráneo, así como las funciones de los operadores, autorizaciones y manuales de manejo.
- c) Las dimensiones de los rieles, así como sus empalmes y soportes, se ajustarán a las especificaciones de fábrica dadas a esa clase de material para el peso y velocidad de los vehículos que sobre ellos transitan.
- d) En las galerías o socavones de acarreo en donde existan cruces y desvíos de vías, se colocarán avisos luminosos o semáforos en ambos extremos.
- e) Los pozos o chimeneas que concurren en las galerías de acarreo deberán ser abiertas fuera del eje de las galerías y estar protegidos para evitar la caída de personas o materiales.
- f) En las galerías de acarreo se dejará un espacio no menor de setenta (70) centímetros entre los puntos más salientes de los vehículos, cuando menos a uno de los costados de la galería, para permitir la circulación del personal.
- g) La pendiente máxima permisible en las galerías y demás labores horizontales en donde haya que utilizarse acarreo mecánico sobre rieles serán de seis por mil (6 x 1000).
- h) Los accesos de las galerías a los inclinados, deberán estar protegidos igual que las estaciones de pique, su respectiva iluminación y señalización, para evitar accidentes debido a caídas de personas, materiales o maquinaria minera.

**Artículo 251°.-** En las tolvas o echaderos subterráneos que se construyen para almacenar temporalmente el mineral para su posterior izaje o extracción a superficie, debe cumplirse con lo siguiente:

- a) Construir las chimeneas en rocas competentes y resistentes a deterioros por efectos de golpes de caída libre o presencia de mineral abrasivo o material erosivo.
- b) En echaderos principales, construir tolvas fuera del eje de la chimenea, al cual se unirá por un codo cercano y no mayor de 10 a 15 m de altura desde el piso de la galería, para evitar golpes directos y deterioros prematuros, conectado a una ventana que servirá para desahucar la chimenea en caso de campaneos.
- c) Inspeccionar como mínimo una vez a la semana el estado de conservación de las tolvas.
- d) Construir compuertas sólidas, de preferencia metálicas, accionados con dispositivos mecánicos y si fuera necesario con paneles de control remoto.

**Artículo 252°.-** En las labores de acarreo se dejará un espacio no menor de setenta (70) centímetros entre los puntos más sobresalientes de los vehículos, cuando menos a uno de los costados de la labor, para permitir la circulación del personal.

**Artículo 253°.-** Durante la limpieza del mineral derribado se deberá usar siempre los estribos de las palas mecánicas.

**Artículo 254°.-** Es aplicable para este tipo de actividad, los artículos anteriores en lo que correspondiere.

**Artículo 255°.-** Las grandes rocas deben ser rotas antes de cargar, ya que éstas podrían poner en peligro a las personas o afectar la estabilidad del equipo móvil. El equipo móvil utilizado para el acarreo del material minado debe ser cargado de una manera tal que se minimice el derrame que puede crear un peligro a las personas.

**Artículo 256°.-** Los equipos y suministros deben ser cargados, transportados y descargados de una manera tal que no creen peligro a las personas debido a la caída o movimiento del equipo o suministros.

**Artículo 257°.-** Es aplicable para este tipo de actividad, los artículos anteriores en lo que correspondiere.

**Artículo 258°.-** Las plataformas y todos los elementos de las vías de ferrocarril, deben ser diseñadas, instaladas y mantenidas para proveer una operación segura, consistentes con las velocidades y tipo de acarreo utilizado.

**Artículo 259°.-** Los cambios deben ser instalados de manera tal que provea suficiente espacio a los "brequeros" y evite que éstos entren en contacto con los trenes en movimiento.

**Artículo 260°.-** Los cruces de ferrocarril deben señalizarse con letreros de advertencia o colocando tranqueras cuando los trenes pasan, en concordancia con el Reglamento de Tránsito y Seguridad Vial.

**SUBCAPITULO SEIS  
SISTEMA DE IZAJE**

**Artículo 320°.-** Para el uso de equipos y accesorios de izaje se debe tener en consideración lo siguiente:

- a) La construcción, operación y mantenimiento de todos los equipos y accesorios deben estar de acuerdo a las normas técnicas establecidas por los fabricantes. Cada equipo de izaje y accesorios debe tener claramente indicado la capacidad máxima y una tabla de ángulos de izaje debe ser pegada en un lugar adecuado, fácilmente visible para el operador.
- b) Los equipos de izaje son utilizados para levantar, bajar, empujar o tirar una carga; tales como elevadores eléctricos, de aire o hidráulicos, grúas móviles, puentes-grúa, winches y tedes.
- c) Los componentes accesorios, en el proceso de izaje, es aquél utilizado para conectar la máquina elevadora a la carga, tales como cadenas, eslingas de fibra, estrobos, ganchos, grilletes, anillos y poleas.
- d) Artefactos de izaje fabricados para trabajos especiales.
- e) Cuerda guía amarrada a la carga.
- f) La inspección de equipos y componentes accesorios es esencial para asegurar que el sistema de izaje se encuentra en buenas condiciones de operación y funcionamiento.
- g) Los titulares serán responsables del mantenimiento, así como de las inspecciones periódicas a que deben estar sujetos, por personal competente, a fin de mantenerlos en condiciones seguras de trabajo, manteniendo en lugar visible, la constancia de dichas inspecciones.
- h) Para asegurar el uso correcto del sistema de izaje se requiere la capacitación del personal. El supervisor responsable del área de trabajo autoriza el uso del equipo de izaje sólo al personal calificado.
- i) Cualquier trabajo con movimientos de carga en altura, debe señalarse en los niveles inferiores con avisos o barreras advirtiendo la probabilidad de caídas de objetos. Toda grúa móvil debe estar dotada de un dispositivo de sonido que alarme su traslado o giro.
- j) Durante las operaciones de izaje, sólo debe usarse señales manuales estándares. Al comenzar el levante, la persona responsable de las señales debe estar adecuadamente identificada y coordinada. La única excepción a la regla, es una señal de detección de emergencia que puede ser ejecutada por otra persona que no sea el señalero.
- k) La carga antes de ser suspendida debe, en toda circunstancia, estar amarrada por un cordel o cuerda guía que evite su balanceo. El equipo de izaje debe ser usado para el propósito diseñado. No debe exceder la capacidad de carga. Debe brindarse acceso seguro a las grúas aéreas.
- l) En el caso de grúas-puente, en la superficie inferior del puente debe indicarse los movimientos de traslación, subir-bajar, en correspondencia a lo marcado en la botonera de control y comando. Los equipos de izaje motorizado deben estar provistos de interruptores-límites de seguridad, tanto para la acción de traslado como de levante máximo. En todo equipo de izaje accionado eléctricamente, se debe asegurar que los conductores no serán atrapados por efecto de la acción de izaje, que debe poseer todas las protecciones del caso, incluyendo la conexión a tierra.
- m) Los equipos de izaje y accesorios deben tener números identificatorios claramente pintados o estampados, además de su hoja de registro. El equipo accesorio debe mantenerse limpio y almacenado en lugares adecuados, de manera tal que no estén en contacto con el suelo.
- n) En los ganchos se deben marcar tres puntos equidistantes a fin de medir la deformación producto de su uso, la cual jamás deberá exceder el quince por ciento (15%) de las longitudes originales. Todos los ganchos deben estar equipados con un pasador de seguridad para prevenir una desconexión de la carga. Los ganchos de levante no deben pintarse a fin de detectar fisuras. No debe soldarse, afilarse, calentarse o repararse los ganchos de levante.
- o) El número de hilos rotos en el tramo de dos (2) metros del cable donde haya roturas que exceda el diez por ciento (10%) de la cantidad total de hilos, deberá ser retirado.
- p) En el caso de tambores de enrollado de cables, se debe asegurar que con el gancho depositado a nivel del suelo, permanezcan en el tambor por lo menos tres vueltas.

**Artículo 350°.-** Para el uso de la jaula para el transporte de personal se debe cumplir con lo siguiente:

- a) Deberá ser construida con piezas metálicas. Las paredes, pisos, techos y puertas deberán ser construidas de tal forma que impidan que las personas o materiales puedan asomarse accidentalmente fuera de los límites de la jaula.
- b) Queda prohibido el tránsito de las jaulas cuando haya personal trabajando en los compartimientos de los pozos o lumbreras en que ellas funcionan.
- c) La velocidad de las jaulas para el transporte de personal no podrá exceder de ciento cincuenta (150) metros por minuto para piques de menos de doscientos (200) metros de profundidad. Para piques de mayor profundidad, esta velocidad no debe exceder de doscientos cincuenta (250) metros por minuto, de acuerdo con las especificaciones del fabricante.
- d) Queda prohibido transportar en las jaulas herramientas o materiales en forma simultánea con el personal.
- e) El funcionamiento de la jaula no deberá iniciarse hasta que su puerta esté cerrada.
- f) Las jaulas estarán provistas de dispositivos mecánicos de traba, amarras y demás dispositivos de seguridad para el transporte de personal y materiales.
- g) Se colocarán carteles en lugares visibles de las estaciones y en el interior de la jaula indicando el número máximo de pasajeros que puedan ocuparla.

**Artículo 351°.-** El amarre y la unión entre la jaula y el cable tractor deben ser hechos de acuerdo a las especificaciones de los fabricantes. Se probará, antes de transportar personal con una carga doble a la máxima que va a utilizarse en el trabajo.

**Artículo 352°.-** Cuando en la operación de izaje exista una parada de varias horas, como en el caso de cambio de guardia, la jaula debe ser bajada y subida vacía todo el trayecto del pique antes de transportar personal o carga. Asimismo, los implementos de seguridad de las instalaciones de izaje deberán ser probados al inicio de la guardia por los operadores, quienes comunicarán de inmediato cualquier deficiencia que encuentren.

**Artículo 353°.-** Antes de la puesta en operación todo sistema de izaje debe ser sometido a las siguientes pruebas:

- a) Si el sistema es nuevo:
  1. Verificar los sistemas de seguridad eléctrico-mecánicos, automáticos y manuales, en el winche, en el castillo, en el pique y otros, como jaulas, baldes, sistemas de carga y descarga y otros.
  2. El número máximo de personas que deberá transportar la jaula no excederá del 85% del peso máximo de materiales que pueda transportar, dividido entre 90.
  3. Fijar la carga máxima de transporte de acuerdo a los factores de seguridad de los cables tractores.
- b) Si el sistema es antiguo y estuvo parado por un tiempo considerable, los titulares deben inspeccionar el amarre entre la jaula o balde con el cable tractor y los vientos.
- c) Efectuar una prueba real en vacío para comprobar el funcionamiento de los sistemas de traba "leonas". Esta prueba debe hacerse cada tres meses.
- d) Se debe comprobar la operatividad del pique haciendo recorrer la jaula o el balde en vacío al cambio de cada guardia.

**Artículo 354°.-** Los cabrestantes que se empleen para mover jaulas con personal deberán tener las siguientes dispositivos de seguridad:

- a) Limitadores de velocidad, frenos manuales y automáticos.
- b) Indicadores de posición de las jaulas.
- c) Limitadores de altura y profundidad.

**Artículo 355°.-** Las jaulas y los baldes deben ser construidos con piezas y puertas metálicas.

- a) Las jaulas estarán provistas de trabas "leonas", vientos y otros que impidan su caída libre por el pique.
- b) La velocidad de la jaula que transporta personal no excederá de 150 metros por minuto en piques de menos de doscientos (200) metros de profundidad. Para piques de mayor profundidad la velocidad no debe exceder de doscientos cincuenta (250) metros por minuto.
- c) Prohibir el transporte de personal junto con materiales o herramientas, al igual que el transporte del personal en baldes.
- d) El movimiento de la jaula no se iniciará hasta que su puerta sea cerrada.
- e) Está prohibido el tránsito de la jaula o el balde cuando hay personal trabajando en los compartimientos del pique.
- f) Inspeccionar una vez por mes los sistemas de seguridad del winche, de la polea, del pique, del balde y la jaula, anotando sus observaciones en el Libro de Control correspondiente.

**Artículo 356°.-** El transporte de personal en superficie que desarrolle toda actividad minera se sujetará a las disposiciones del Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción. Además, cada titular de actividad minera establecerá un Reglamento Interno de Transporte, en el que se considerará básicamente:

- a) Las condiciones eléctricas, mecánicas y comodidad del vehículo, velocidad máxima, número máximo de pasajeros permitidos para viajar.
- b) Que el conductor tenga, como mínimo, Licencia de Conducir Profesional con Categoría A II.
- c) Las condiciones físicas y mentales del conductor.
- d) La capacitación permanente del conductor, sobre todo en manejo defensivo.
- e) Las características riesgosas de las vías.
- f) Que el servicio de movilidad proporcionado por el titular, para cualquier fin, contará con las comodidades y dispositivos de seguridad necesarios para un viaje cómodo y seguro por parte del personal.
- g) En el transporte con vehículos livianos, el uso de cinturón de seguridad es obligatorio.
- h) Que los vehículos de transporte, especialmente los de personal, sean mantenidos en perfectas condiciones operativas y seguridad. Asimismo, que el personal acate todas las disposiciones que se dicte para su seguridad.
- i) La prohibición de utilizar equipo minero para el transporte de personal.
- j) Que todo vehículo de transporte de personal debe contar con su Póliza de Seguro vigente, para sus pasajeros y contra terceros.
- k) Los cables de carriles aéreos no podrán ser utilizados para el transporte normal de personal, salvo casos especiales debidamente autorizados por el titular.
- l) Está prohibido el transporte del personal de y hacia las áreas de trabajo en vehículos atestado de pasajeros y parados.

**PRUEBA DE VACIO - SKIP TIPO KIMBERLY**

Mina	_____
Pique	_____
Compartimento	_____
Fecha	26/07/2001
Inspeccionado por	QC-QA
Supervisor	_____

**SEGURIDAD:** Desgaste de líneas vitales cerca de áreas abiertas

**INSTRUCCIONES:** Hallazgos a ser registrados en libro de registro de maquinaria de izaje o de elevación

**PRUEBA DE CAIDA**

1. - Inspeccion visual resortes en la caja

Hoja Rota: \_\_\_\_\_  
Distorsión: \_\_\_\_\_  
Anormalidades: \_\_\_\_\_

2. - Inspeccion visual de todas las leonas / 04 Unidades

3. - Mediciones despues de Prueba de Caida

4. - Mida longitud total de caida	0.50	pulgadas
5. - Mida longitud de corte en guia	1.00	pulgadas
6. - Mediciones y comentarios a ser ingresados en el libro de registro de Maquina de elevación de personal.		

**Comentarios:**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**CABLES DE ACERO**

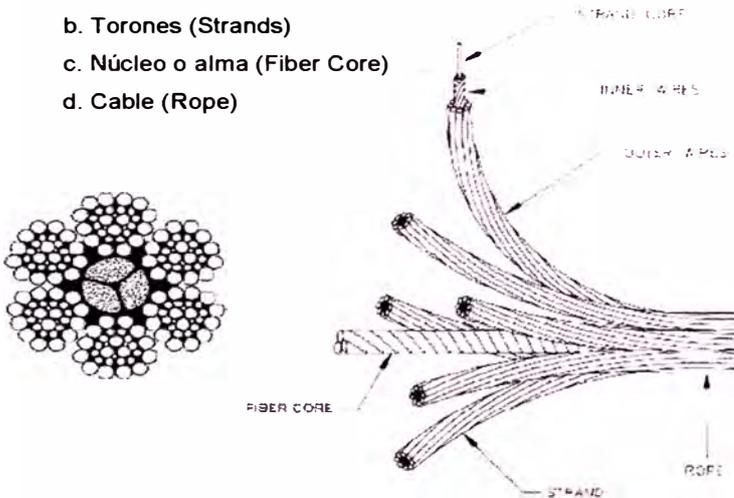
Fuente: SME Mining Engineering Handbook

El cable de acero es una maquina simple, compuesto por elementos que transmiten fuerzas movimientos y energía entre dos puntos, de una manera predeterminada para lograr un fin deseado.

Para formar cables, se arrolla un gran número de hilos de acero de alta resistencia, los mismos se disponen en cordones y torones, según sea el caso.

**Elementos de un Cable de Acero:**

- a. Alambre (Wire)
- b. Torones (Strands)
- c. Núcleo o alma (Fiber Core)
- d. Cable (Rope)



**(b) Torones o Cordones (Strands)**

Un cable está formado por un conjunto de torones o enrollados.

Cada torón, está formado por un conjunto de hilos o alambres.

La mayoría de hilos utilizados en la construcción de cables son redondos y de diámetro comprendido entre 2 y 3 mm.

**(c) Núcleo o alma (Fiber Core)**

El alma del cable sirve como soporte a los torones que están enrollados a su alrededor.

El alma se fabrica de diversos materiales, dependiendo del trabajo al cual se va a destinar el cable, siendo lo más usual un torón de acero, también hay alma de fibra que puede ser de fibras naturales, sintéticas.

El alma de acero se utiliza para zonas donde el cable esta sujeto a severos aplastamientos o cuando el cable trabaja en lugares donde existen temperaturas muy elevadas que ocasionen que el alma de fibra se dañen con el calor.

También este tipo de alma proporciona una resistencia adicional a la ruptura, de aproximadamente un 10%, dependiendo de la construcción del cable.

**Tipos de Cables:**

De acuerdo a su torcido pueden ser

- a. Tipo Lang
- b. Regular

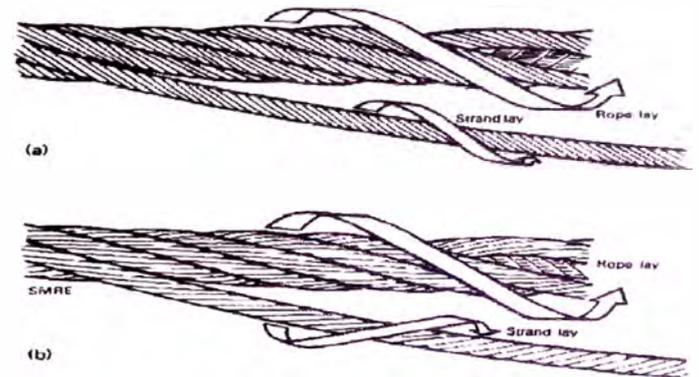
**(a) Tipo Lang**

Los torones en un cable tipo Lang, están torcidos en la misma dirección (lang derecho o lang izquierdo).

Los cables con torcido lang son ligeramente más flexibles y muy resistentes a la abrasión y fatiga, pero tienen el inconveniente de tener tendencia a destorcerse por lo que únicamente deberán utilizarse en aquellas aplicaciones en que ambos extremos del cable están fijos y no le permitan girar sobre sí mismos.

**(b) Regular**

Los alambres del torón, están torcidos en dirección opuesta a la dirección de los torones del cable.



Es importante tener en cuenta la correcta dirección de los torones de un cable (derecho e izquierdo), antes de su montaje o instalación sobre el tambor de un winche, se recomienda usar las siguientes reglas de mano para una correcta instalación.

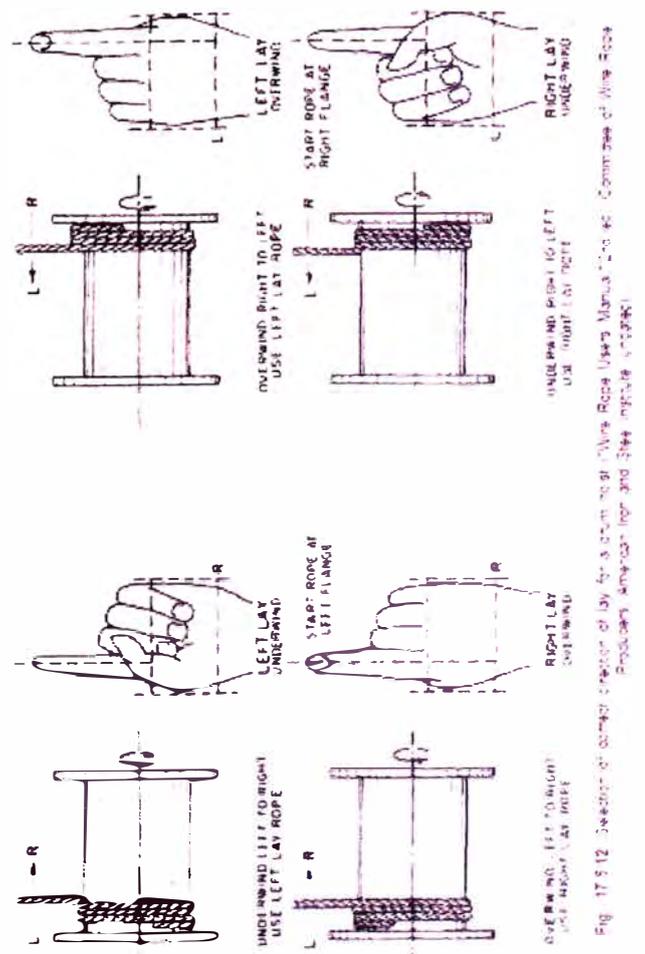


Fig. 17.9.12 Direction of correct direction of lay for a drum on a Wire Rope Users Manual, 2nd ed. Committee of Wire Rope Producers American Iron and Steel Institute (AISI)

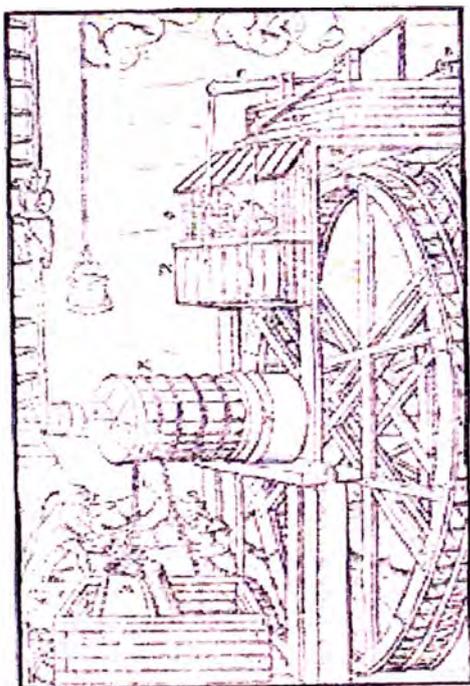


## Mine hoists

From Wikipedia, the free encyclopedia

*Main article:* [Hoist \(mining\)](#)

In [underground mining](#) a **hoist** or **winder**<sup>[1]</sup> is used to raise and lower conveyances within the [mine shaft](#). Human, animal and water power were used to power the mine hoists documented in Agricola's [De Re Metallica](#), published in 1556. [Stationary steam engines](#) were commonly used to power mine hoists through the 19th century and into the 20th, as at the [Quincy Mine](#), where a 4-cylinder cross-compound [corliss engine](#) was used.<sup>[2]</sup> Modern hoists are powered using electric motors, historically with [direct current](#) drives utilizing solid-state converters ([thyristors](#)), however modern large hoists use [alternating current](#) drives that are [variable frequency](#) controlled.<sup>[1]</sup> There are three principal types of hoists used in mining applications, Drum Hoists, Friction (or Kope) hoists and Blair multi-rope hoists.



A water-powered mine hoist used for raising ore from *De re metallica*.

## References

- <sup>a</sup> <sup>a</sup> <sup>b</sup> De la Vergne, Jack (2003). [Hard Rock Miner's Handbook](#). [Tempe/North Bay](#): McIntosh Engineering. pp. 114–124. ISBN 0-968006-1-6. <http://www.mcintoshengineering.com/HardRockMinersHandbook/tabid/76/Default.aspx>.
- <sup>^</sup> [Quincy No. 2 Mine Hoist \(1920\)](#) National Historic Engineering Landmark brochure, The American Society of Mechanical Engineers, 1984.

## Hoist (mining)

In [underground mining](#) a **hoist** or **winder**<sup>[1]</sup> is used to raise and lower conveyances within the [mine shaft](#). All hoists are powered using electric motors, historically with [direct current](#) drives utilizing solid-state converters ([thyristors](#)), however modern large hoists utilize [alternating current](#) drives that are [variable frequency](#) controlled.<sup>[1]</sup> There are three principal types of hoists used in mining applications:

### Drum hoist

Drum hoists are the most common type of hoist used in [North America](#), [South Africa](#) and [South America](#). When using a drum hoist the [hoisting cable](#) is wound around the drum when the conveyance is lifted. Single-drum hoists can be used in smaller applications, however double-drum hoists easily allow the hoisting of two conveyances in balance (i.e. one skip being lifted while a second skip is being lowered).<sup>[1]</sup> Drum hoists are mounted on concrete within a hoistroom, the hoisting ropes run from the drum, up to the top of the [headframe](#), over a [sheave](#) wheel and down where they connect to the conveyance (cage or skip).



A drum hoist (cables visible) and motor

### Advantages

Drum hoists require less routine maintenance than a friction hoist, because the haulage cable is fixed to the drum, and therefore have less [downtime](#), and the maintenance regime is less sophisticated. Drum hoists can continue to operate if the shaft bottom gets flooded and less shaft depth is required below the loading pocket, unlike friction hoists where such flooding could cover the tail ropes etc. Because drum hoists do not have tail ropes, the hoisting system is more suited to [slinging](#) beneath a conveyance.<sup>[1]</sup>

### Disadvantages

Drum hoists take up more space than a friction hoist for the same service as all of the haulage cable must be accommodated on the drum when the hoist is fully raised. Drum hoists require rapid fluctuations in power demand, which can pose a problem if power is generated on site rather than provided through the main [power grid](#).<sup>[1]</sup>



A drum hoist and motor



A headframe housing a friction hoist

### Friction hoist

Friction (or Koepe)<sup>[3]</sup> hoists are the most common type of hoist used in [Europe](#), [Asia](#) and [Australia](#)<sup>[1]</sup>. The friction hoist was invented in 1877 by [Frederick Koepe](#).<sup>[4]</sup> Friction hoists are mounted on the ground above the mine shaft, or at the top of the headframe. Friction hoists utilize tail ropes and [counterweights](#) and do not have the haulage rope fixed to the wheel, but instead passed around it. The tailropes and weights offset the need for the motor to overcome the weight of the conveyance and hoisting rope, thereby reducing the required [horsepower](#) of the hoisting motor by up to 30%, with the overall power consumption remaining the same. Friction hoists, unlike drum hoists, can and normally do use multiple ropes giving them a larger payload capacity, however since they require a larger safety factor, they are impractical for very deep shafts.<sup>[3]</sup>

### Advantages

New friction hoists are less expensive than new drum hoists, and the [lead time](#) for delivery may be shorter as there is more competition for manufacturing. Multi-rope friction hoists have a larger lift capacity than a drum hoist. A friction hoist is smaller in diameter than a drum hoist for the same service, making it easier to ship and install than a drum hoist.<sup>[2]</sup>

### Disadvantages

Balanced friction hoists are not suitable for hoisting from multiple [loading pockets](#) on different horizons within a shaft, and are generally not suitable for deep shafts. Friction hoists can not operate at normal speeds if the shaft bottom is flooded and water reaches the tail ropes.<sup>[2]</sup>

### Blair multi-rope hoist

The Blair multi-rope hoist is a variation of the double-drum hoist. It is used in extremely deep shafts as the second drums cable are used to balance the primary load.<sup>[1]</sup>

### Footnotes

- <sup>^</sup> <sup>a</sup> <sup>b</sup> <sup>c</sup> <sup>d</sup> <sup>e</sup> De la Vergne, Jack (2003). *Hard Rock Miner's Handbook*. *Tempe/North Bay*: McIntosh Engineering. pp. 114–124. ISBN 0-968006-1-6. <http://www.mcintoshengineering.com/HardRockMinersHandbook/tabid/76/Default.aspx>.
- <sup>^</sup> <sup>a</sup> <sup>b</sup> <sup>c</sup> <sup>d</sup> De la Vergne, Jack (2003). *Hard Rock Miner's Handbook*. *Tempe/North Bay*: McIntosh Engineering. pp. 64–65. ISBN 0-968006-1-6. <http://www.mcintoshengineering.com/HardRockMinersHandbook/tabid/76/Default.aspx>.
- <sup>^</sup> <sup>a</sup> <sup>b</sup> De la Vergne, Jack (2003). *Hard Rock Miner's Handbook*. *Tempe/North Bay*: McIntosh Engineering. pp. 125–134. ISBN 0-968006-1-6. <http://www.mcintoshengineering.com/HardRockMinersHandbook/tabid/76/Default.aspx>.
- <sup>^</sup> Hartman, Howard L. (1992). "17". *SME Mining Engineering Handbook*. 2. pp. 1648. ISBN 0-87335-100-2. [http://books.google.ca/books?id=DsSmpKEOWDcC&pg=PA1647&lpg=PA1647&dq=mining+shaft+rubbing+rope&source=bl&ots=2NzXA0aHPI&sig=hugZoikrQuEr9OuvzSC\\_4yFShSt4&hl=en&ei=CuO\\_S9bwCM6wrAeI\\_6XfDw&sa=X&ci=book\\_result&ct=result&resnum=5&ved=0CBEQ6AEwBA#v=onepage&q=mining%20shaft%20rubbing%20rope&f=false](http://books.google.ca/books?id=DsSmpKEOWDcC&pg=PA1647&lpg=PA1647&dq=mining+shaft+rubbing+rope&source=bl&ots=2NzXA0aHPI&sig=hugZoikrQuEr9OuvzSC_4yFShSt4&hl=en&ei=CuO_S9bwCM6wrAeI_6XfDw&sa=X&ci=book_result&ct=result&resnum=5&ved=0CBEQ6AEwBA#v=onepage&q=mining%20shaft%20rubbing%20rope&f=false). Retrieved 2010-04-10.

# Apéndice G2. Potencia de Izaje

## CALCULO DE POTENCIA DE IZAJE SELECCION DEL WINCHE Y ACCESORIOS (WINCHE DE TAMBORAS)

### RESULTADOS FINALES

2.9 Tn/skip	81 HP POTENCIA
-------------	----------------

PARAMETROS INICIALES:	CANTIDAD	UNIDAD	OBSERVACIONES
Mingral		br/v/d	
Desmonte		br/v/d	
Total		br/v/d	
Días laborables		días/mes	
Horas netas de operación / turno		hrs / turno	
Turnos / día		hrs / día	
Hrs. de op. netas		hrs / día	
Factor de utilización del winche	70	%	
TMH REQUERIDAS / HR	71.43	ton/hrs	
Producción de mineral	2.700	br/v/mes	
Producción de Desmonte	5.400	br/v/mes	
Producción total	32.400	ton/mes	

CALCULO DEL CICLO DE IZAJE	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	OBSERVACIONES
D Prof. max. de izaje	1.000.0	ft		m	
			4.660.0	mm	Cota de patea
			4.355.0		Cota chute split pocket
V Vel. media de izaje		ft/sec	2.45	m/sec	
A Aceleración	2.20	ft/sec <sup>2</sup>			
D Desaceleración	2.20	ft/sec <sup>2</sup>			
RT Tiempo de reposo	20.00	sec			

Segun esto, tenemos

PERIODO	TIEMPO(seg)	DESPLAZAMIENTO(PIES)
Acceleracion	3.65	1.47 Ft
Vel. constante	1.2072	970.6 Ft
Desaceleracion	3.65	1.47 Ft
Tiempo reposo	2.00	0.0 Ft
<b>TOTAL</b>	<b>148</b>	<b>1,000.0 Ft</b>

No de viajes o skips/ hora	2.432	skips/hr
Ciclo de izaje	1.48	sec
Ciclo de izaje	2.47	MINUTOS

### CAPACIDAD DEL SKIP (SL)

Peso total a izarse/skip	2.9	ton
Volumen total al ras	1.47	m <sup>3</sup>
Volumen con freeboard	1.76	m <sup>3</sup>

### CALCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR:

El cálculo de la potencia se efectuará por el método de Ratz Media Cuadrática, para motores de corriente alterna, deratados para una altitud de 4.700 msnm

#### PROCEDIMIENTO DETALLADO DE CALCULO

DESCRIPCION	ABREVIAT	CANTIDAD	UNID	OBSERVACIONES
1 Operación en balanceo				
2 Profundidad	(D)	1.000	pies	
3 Carro útil del Skip	(SL)	6.462	lb	
4 Peso del Skip	(SW)	6.462	lb	
5 Capacidad de izaje		79	ton/hrs	
6 Tiempo de aceleración	(Ta)	3.65	sec	
7 Tiempo de desacelerar	(Tr)	3.65	sec	
8 Tiempo muerto (rest time)	(RT)	20.0	sec	
9 Eficiencia mecánica - eléctrica	(E)			
10 Tipo de cable (Flattened strand)		1.5/8	cable	
11 Peso unitario del cable	(Rw)	3.32	lb/ft	
12 peso total del cable suspendido	(R)	33	20lb	
13 Velocidad del cable	(V)	8.04	ft/sec	
14 Acel. y Desacel.	(A=D)		ft/sec <sup>2</sup>	
15 Tiempo a veloc. const.	(TFS)	120.72	sec	
16 Tipo de motor			AC	

#### PARAMETROS DE CALCULO:

EEW	Peso efectivo equivalente (Segun abacos)	Para tamboras de 10'		lb
TSL	Carga total suspendida =	EEW + SL + 2SW + 2R =		103.525 lb
SLB	Carga en la base del pique =	SL + R + (V x AT x Rw) =		9.684 lb
SLT	Carga en la cima del pique =	SL - R + (V x DT x Rw) =		3.239 lb

#### CALCULO DE POTENCIA PARCIALES:

HP1	Hp req. para acelerar =	TSL x V <sup>2</sup> / (32.2 x AT x 660) =		1.03 hp
HP2	Hp req. para desacelerar =	(TSL x V <sup>2</sup> ) / (32.2 x DT x 660) =		-1.03 hp
HP3	Hp al inicio de la acelerar =	[(SL + R) x V] / 660 =		1.43 hp
HP4	Hp a vel. const. al final de la acelerar =	(SLB x V) / 660 =		1.42 hp
HP5	Hp a vel. const. al inicio de la desacel =	(SLT x V) / 660 =		47 hp
HP6	Hp al final de la desacel =	[(SL - R) x V] / 660 =		46 hp
HP7	Factor de corr. de pot. para una eficiencia dada del motor =	[(SL x V) / 0.1 x 660] =		17 hp

#### CALCULO DE POTENCIAS vs. CICLO DE IZAJE:

A	Potencia de aceler. pico =	HP1 + HP7 + (HP4 + 2HP3) / 3 =		263 hp
B	Pot. a vel. const. al final de la aceleración =	HP4 + HP7 =		158 hp
C	Pot. a vel. const. al comienzo de la desacel =	HP5 + HP7 =		94 hp
D	Potencia de desaceleración =	HP2 + HP7 + (HP6 + 2HP5) / 3 =		-40 hp
HP8	Pot. req. para acel. el rotor del motor =	(0.6 A x 1.2) / AT =		52
HP9	Pot. req. para desacel. el rotor del motor =	-(0.6 A x 1.2) / DT =		-52
E	Pot. total req. para acel. el izaje y el motor =	A + HP8 =		314
F	Pot. total requerida para desacel. el izaje y el motor =	D + HP9 =		-92

Para un Winche con motor de inducción (AC), su potencia RMS se calcula mediante la siguiente relación:

$$\text{RMS HP} = \sqrt{\frac{E^2 \times AT + ((B^2 + C^2 + BC) \times TFS) + F^2 \times Tr}{Ta^2 + TFS + DT/2 + RTA}} = \sqrt{\frac{413.530}{129.38}}$$

$$\text{RMS HP} = 57 \text{ hp} \quad \text{A NIVEL DEL MAR}$$

81 hp DERATADO PARA 4700 M S I

70%

#### COMPROBACION:

$$(A \times 0.5 \times AT) + (B + C) \times 0.5 \times TFS + D \times 0.5 \times DT = (SL \times V) / (E \times F \times 550)$$

$$\frac{13.816}{1.06} = \frac{13.054}{6\%}$$

## Apéndice H1. Resumen de Estructura de Costos

### Resumen Estructura de Costos

Item	Marca	Descripcion	Material	Cant	Espesor mm	Largo mm	Ancho mm	Alto mm	Peso Un. kg	Peso Tot. Kg	C. Unit \$	Costo Total \$
		<b>Total Skip Kimberly</b>		<b>3</b>							<b>13,461.67</b>	<b>40,385.01</b>
		<b>Total Jaula</b>		<b>3</b>							<b>5,804.80</b>	<b>17,414.40</b>
		<b>Total Castillo</b>		<b>1</b>							<b>85,184.41</b>	<b>85,184.41</b>
		<b>Total Winche</b>		<b>1</b>							<b>360,000.00</b>	<b>360,000.00</b>
		<b>Total Cables</b>		<b>1</b>							<b>3,755.28</b>	<b>3,755.28</b>
		<b>Total Poleas</b>		<b>1</b>							<b>9,525.60</b>	<b>9,525.60</b>
		<b>Sub Total</b>										<b>516,264.70</b>
		<b>Total incluido I.G.V. (19%)</b>										<b>614,354.99</b>

Nota: Se consideran Skip y Jaula adicionales en Stand Bye

# SSPC: The Society for Protective Coatings

## ABOUT SSPC STANDARDS AND GUIDES

### 1. SSPC Consensus Documents

SSPC's Technical Committees develop both mandatory documents (standards, standard procedures, methods, or specifications) to be used in preparation of procurement documents for painting work, and non-mandatory documents (guides, technology updates, technology reports, and technology guides) that provide guidance in current good practice. These documents are the product of many years of broad open consensus work by the SSPC staff and by the leading specialists in each field of protective coatings technology. In this section, the term "standards" is used to encompass both mandatory and non-mandatory documents.

In addition to standards developed by SSPC technical committees, peer-reviewed commentaries that provide background information about groups of related standards, and a peer-reviewed monograph discussing proper monitoring of ambient conditions are available.

### 2. Definitions

SSPC consensus documents use terms such as specification, commentary, guide, or notes as indicated below:

**Standard:** A specification, practice, or test method that has been formally adopted. SSPC standards include specifications and guides, each of which may refer to other standards.

**Specification:** A detailed description of requirements of a product or process that can be incorporated into a procurement document.

**Method:** A form of standard describing a precise procedure or technique used for performing a specific task.

**Painting System:** A term intended to include, with equal emphasis, not only the well accepted components of a system such as surface preparation and paint materials, but also the application, inspection, and safety functions.

**Painting System Materials Specification:** A specification that covers only the paint in a multi-coat system without specifying surface preparation, film thickness, and application.

**Coating System:** A term which refers to the applied and cured multi-layer film or to the components of a system based on non-paint type coating such as thermal spray coatings.

**Commentary:** Explanatory remarks at the beginning of a chapter, describing the background and proper use of the specifications and guides. (This is not a part of the specifications and guides, but often is important in their selection and use.)

**Guide:** A set of instructions or organized information based on a consensus of "best industry practice." Material contained in a non-mandatory guide may be extracted and used in preparation of procurement documents, although the guide itself is not suitable for reference in procurement documents because it does not contain mandatory language. Painting System Guides are coded SSPC-PS Guide 1.00, 2.00, 3.00, 4.00, etc. and are to be used to select painting system specifications. The guides to safety in paint application (SSPC-PA Guide 3) and maintenance (SSPC-PA Guides 4 and 5) aid in establishing standard practices, procedures, and specifications for coating application and maintenance.

**Notes:** Additional information at the end of a specification that is not considered a mandatory requirement.

**Qualification Procedure:** A procedure that defines a sequence of actions or functions an individual or organization must meet to establish or verify a specified level of competence.

**Joint Technology Report:** A report issued by an SSPC/NAACE technical committee to address the state of the art of a particular technology.

**Technology Update:** A consensus SSPC document prepared by a committee that describes and assesses a new material, procedure, concept, method, or other area of technology. Technology Updates are considered "fast track" documents and skip some steps in the standards approval process. A Technology Update is not suitable for referencing in a specification or procurement document because it does not contain mandatory language, although information from a Technology Update may be extracted and referenced in a contract. It differs from a technical article in a journal in that it represents a consensus of balanced interests, not a single author's viewpoint.

Other terms sometimes used in the industry include:  
**practice**—A form of standard that is a procedure, guide, or service that may or may not be auxiliary to a test method or a specification; test method—A form of standard that covers sampling and subsequent testing procedures used in determining the properties, composition, or performance for materials, products, systems, or services that may be specified. A test method does not include the kind of numerical limits for the properties, composition, or performance that should normally be included in a specification. Other terms are covered in the Glossary section of Volume 1 of the SSPC Painting Manual and in the SSPC Protective Coatings Glossary (SSPC 00-07).

### 4. Identification Numbers Used for SSPC Standards, Specifications, and Guides

Designations for the SSPC standards, specifications, technology reports, technology updates, and their abbreviations are listed below. The term "Paint," used as the designation for SSPC Paint Specifications, is the only term not abbreviated.

PS	=	Painting System
CS	=	Coating System
Paint	=	Paint (or Coating)
SP	=	Surface Preparation
AB	=	Abrasive
PA	=	Paint Application
QP	=	Qualification Procedure
ME	=	Method (of preparing test panels)
TR	=	Technology Report
TU	=	Technology Update

The word "Guide" is placed before the number portion of the identification for those documents that are Guides; for example, PA-Guide 3.

The latest issue of the document is to be used unless otherwise specified.

### 5. Methods of Using SSPC Painting System Specifications

**Using Specifications Without Modifications or Amendments.** Each painting system specification may be used in its entirety, by proper reference in the procurement documents, to cover all usual requirements for the intended use. To do this, simply specify that the steel or structure shall be painted "in accordance with SSPC-PS \_\_\_\_." Used without modification, these SSPC painting systems cover many of the normal painting problems that are encountered. Since each painting system describes the minimum requirement for the intended service, it follows that better methods or materials may be substituted without prejudice, provided the practical value of the improvement is judged to be commensurate with the added cost.

**Modifications of Specifications.** Modifications to reflect the needs of an individual project may be made by the preparer by reviewing each item of the applicable specification and then including his decisions on variations as mandatory requirements in the procurement documents. To do so, modify a standard specification by adding, deleting, or changing requirements.

**Use of Painting System Guides.** The preparer may use the Painting System Guides SSPC-PS Guide 1.00, 2.00, 3.00, etc. to prepare his/her own modified painting systems for special cases not covered by the standard systems. Recommendations for special conditions are shown in Table 1.

### 6. Selection of Painting Systems by Environmental Zone

**General Considerations.** Because of the wide diversity of available systems, the adverse conditions under which they must sometimes be applied, environmental restrictions, and the need for minimizing maintenance, the choice of a suitable painting system is not always an easy one. There is, of course, no one "best" painting system, but rather a dynamic competition among alternative materials and methods whose choice often depends upon both technological factors and policy considerations.

Since environmental factors are often the dominant ones, they will be considered first, followed by other important considerations such as cost, appearance, and design.

**Effects of Environment on Corrosion Rates.** Among the technological factors in the choice of a painting system, environment is usually the controlling one. For example, one rule of thumb advocates that steel need not be painted at all when the corrosion rate is uniform and below a certain level; on the other hand, alternative materials of construction should be considered instead of painting when the environment is too severe.

Table 2 illustrates the wide range of atmospheric corrosiveness as measured by ASTM. In some areas, increased atmospheric contamination has resulted in acid rain waters, but many industrial locations have become less contaminated than in the recent past.

**Environmental Zones:** A concise description of each SSPC "environmental zone" is given in Table 3, while Table 4 indicates typical painting system(s) recommended for minimum performance in each zone. These zones cover rural, urban, commercial, and marine environments and several special exposures. Use of the term "environmental zone" in this context is not meant to parallel the common meaning of the term, which implies geographical location but, rather, defines the type of environment (atmosphere) to which the coated steel will be exposed. As an example of this more specialized meaning of environmental zone, consider a steel framed building, part of which is devoted to office space and another part of which is devoted to chemical laboratory and pilot plant space where acidic fumes are frequently generated. Each of these areas is exposed to a significantly different environment. Another example is the roadway and superstructure of a bridge located in a geographical area where freezing and road salt use are common. The upper portions of such a bridge have to be protected only against weather exposure, whereas the roadway steel and adjacent structural components must also be protected against de-icing salt in solution.

For purposes of classifying environmental exposures according to their severity, they have been divided into environmental zones from essentially non-corrosive dry interiors (Zone 0) to severe chemical exposures (Zone 3). Special

**TABLE 1**  
**TYPICAL RECOMMENDATIONS FOR SPECIAL SERVICE CONDITIONS**

Type of Service	Discussion and Recommendations
Abrasion Resistance	Urethane coatings probably have more abrasion resistance per mil than any other organic generic class. These are available as proprietary materials.  Epoxies such as modified SSPC-PS 13 can be specially formulated so that removal, even by blast cleaning, is difficult, especially when they are sand-filled.  Zinc-rich coatings, such as SSPC-PS 12, especially the inorganic types, tend to "polish" and not abrade off steel surfaces.  Coal tar epoxy paints, such as SSPC-PS 11, or selected proprietary products, especially when filled with garnet or other hard 30 to 70 mesh materials.  SSPC-PS 2, 3, 4, 10, 11, or 13 when sand-filled.  Gravel, sand, slate granules in SSPC-PS 9 or 10.
Anti-Sweat	Preformed plastic and foam spray have superseded paints for most anti-sweat functions.
Anti-Fouling	These paints are covered in SSPC-PS 19 and in Chapters 6, 11 and 9.3 of the SSPC Painting Manual, Vol. 1.
Protection from Graffiti	See SSPC-PS 17 and polyester urethane guides with recommended ratios of polyd, isocyanate, and NCO.
Skid Resistance	Any type of paint that is suitable for application on floors can be converted to a specifically skid resistant paint by incorporation of a finely divided material such as silica, aluminum oxide, or ground shells.
Mildew Resistance	1. Wash with phosphate-free detergent. 2. Rinse with a solution of one part sodium hypochlorite (Hilex, Clorox, Purex, etc.) and three parts water. Allow some dwell time before a final rinse. 3. Use a paint suitable for specific surface and exposure.
Piping	Color codes for identifying piping are given in ANSI A13.1, "Identification of Piping."
Safety Colors	Standards for safety colors are given in ANSI Z53.1, "Color Coding."
Wet Surfaces	Some epoxies and urethanes have been successfully applied to wet surfaces.
Cold Surfaces	Some urethanes can be applied to cold surfaces. Cycloaliphatic amine-cured epoxies can be used.
Underwater	Epoxies have been developed for underwater application. (Some urethanes will cure underwater but cannot be applied underwater.)
Rebar Protection	Fusion bonded epoxies or hot dip galvanizing.

conditions are listed in Table 1. Exposure conditions may be such as to require little or no protection by painting; conversely, they may indicate the need for elaborate surface preparation, pretreatment, and properly selected primer, intermediate, and finish coats. Although Table 4 may indicate several different generic painting systems suitable for use in a particular zone, some systems are more durable than others and will achieve better performance or longer coating life.

This classification of environment is probably the most useful type of designation, since most available data on paint exposures is defined in these broad terms. Factors such as

time-of-wetness, chloride level, sulfur dioxide content, pH, conductivity, surface contamination, etc., should also be considered when choosing a painting system.

In Table 4, Painting System numbers have been rounded off to show the generic class of systems that are satisfactory. For example, SSPC-PS 15 includes Painting System Guide 15.00 and Painting System Specifications: SSPC-PS 15.01 through 15.04.

Such guides as Table 4 are intended to aid the specifier in selecting a painting system (including surface preparation, coatings, and application) but are, of course, no substitute for the knowledge and judgment entailed in an intelligent choice.

**TABLE 2**  
**SOME MEASURED CORROSION RATES<sup>1</sup>**

Site No.	Location	Type of Atmosphere	Relative Rating	
			Steel	Zinc
1	Normal Wells, N.W.T.	Rural	0.02	0.2
2	Saskatoon, Sask.	Rural	0.2	0.2
9	State College, PA <sup>2</sup>	Rural	1.0	1.0
17	Pittsburgh, PA (roof)	Industrial	1.8	1.5
18	London (Battersea)	Industrial	2.0	1.2
27	Bayonne, NJ	Industrial	3.4	3.1
28	Kure Beach, NC (250 m)	Marine	3.6	1.9
31	London (Strafford)	Industrial	6.5	4.8
33	Point Reyes, CA	Marine	9.5	1.0
37	Kure Beach, NC (25 m)	Marine	33.0	6.4

<sup>1</sup> Adapted from ASTM Materials Research and Standards, December, 1961, page 977.  
<sup>2</sup> State College, PA was taken as unity. Fortunately, a relative rating of 1.0 represented about 1 mil loss the first year.

**TABLE 3**  
**SSPC ENVIRONMENTAL ZONES**

0	Dry interiors where structural steel is imbedded in concrete, encased in masonry or protected by membrane or non-corrosive contact type fireproofing.
1A	Interior, normally dry (or temporary protection). Very mild (oil base paints now last six years or more).
1B	Exteriors, normally dry (includes most areas where oil base paints now last six years or more).
2A	Frequently wet by fresh water. Involves condensation, splash, spray or frequent immersion. (Oil base paints now last five years or less.)
2B	Frequently wet by salt water. Involves condensation, splash, spray, or frequent immersion. (Oil base paints now last three years or less.)
2C	Fresh water immersion
2D	Salt water immersion
3A	Chemical atmospheric exposure, acidic (pH 2.0 to 5.0)
3B	Chemical atmospheric exposure, neutral (pH 5.0 to 10.0)
3C	Chemical atmospheric exposure, alkaline (pH 10.0 to 12.0)
3D	Chemical atmospheric exposure, presence of mild solvents. Intermittent contact with aliphatic hydrocarbons (mineral spirits, lower alcohols, glycols, etc.)
3E	Chemical atmospheric exposure, severe. Includes oxidizing chemicals, strong solvents, extreme pH's or combinations of these with high temperatures.

**TABLE 4**  
**ENVIRONMENTAL ZONES FOR WHICH SSPC PAINTING SYSTEMS ARE RECOMMENDED**

PAINTING SYSTEM		ENVIRONMENTAL ZONE											
SSPC #	GENERIC TYPE	0	1A	1B	2A	2B	2C	2D	3A	3B	3C	3D	3E
PS 1	Oil base		X	X									
PS 2	Alkyd		X	X									
PS 3	Phenolic (oleoresinous)		X	X	X								
PS 4	Vinyl		X		X	X	X	X	X	X			
PS 7	One-Coat shop	X	X										
PS 9	Cold applied asphalt mastic				X	X				X	X		
PS 10	Coal Tar mastic or enamel						X			X	X		
PS 11	Coal Tar Epoxy				X	X	X	X	X	X	X	X	
PS 12	Zinc-rich (untopcoated)	X	X	X	X	X	X	X		X			X
PS 13	Zinc-rich (topcoated)	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	
PS 14	Epoxy Polyamide (non-immersion)**				X	X							
PS 15	Steel Joist Shop Paint		X										
PS 16	Chlorinated Rubber	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
PS 17	Silicone Alkyd				X								
PS 18	Urethane	X	X	X	X								
PS 19	Latex	X	X										
PS 20	Ship bottoms							X					
PS 21	Ship boottoppings					X		X					
PS 22	Ship topsides	X	X	X	X								
PS 23	One-coat preconstruction		X	X									
CS 23	Thermal spray metallic	X	X	X	T	X	T	T	T	T			
PS 24	Latex (performance-based)	X	X	X*	X*				X	X	X	X	
PS 26	Aluminum Epoxy (performance-based)	X	X	X*	X*								
PS 27	Alkyd (performance-based)	X	X	X*	X*								

**NOTES**

Zones for use are those recommended by the committee that developed the specification.

PS 4 (vinyl) and PS 15 (chlorinated rubber) do not meet VOC restrictions and are rarely used.

\*\* For immersion service, proprietary epoxy and urethane coatings are usually used.

T = Recommended only with proper sealing or topcoating

PS 26 and PS 27 are material specifications and cover only the paint.

\* = Excluding immersion

For Zone 3E use specific exposure data to select a coating

Because more than one system is recommended for a particular zone does not mean that they will all perform equally well.

**Influence of Geographical Locations on Environmental Zones:**

Inland, rural locations, far from coastal salt water, are free from the corrosive influence of airborne salt. The presumption that the atmosphere in these areas, located far from centers of heavy industry, are therefore "virtually unpolluted," has been drastically reversed. It is now seen that even rural locations, hundreds of miles distant from industrial plants and electrical

power generating stations, can sometimes be subjected to acid rain generated by sulfur dioxide emissions. Rain water with a pH as low as 3-4 has been observed not only in rural, but also in wilderness locations. Therefore, preparers of painting system specifications must now cultivate a realistic awareness of present atmospheric conditions prevailing in rural locations that were traditionally considered benign with respect to corrosion of steel.

Heavy industrial environments, such as those involving coke plants, are severe enough to be classified in the chemical

category. These environments are marked by reduced paint life and high corrosion rates.

Marine atmosphere is typified by frequent and relatively high concentrations of salt mist, but it does not imply direct contact with salt spray or splashing waves; it contains a high concentration of chlorides in contrast to the high concentration of sulfur dioxide in the industrial atmosphere.

Fresh and salt water immersion have important differences because of osmotic and electrolytic effects.

Alternate immersion refers to frequent, perhaps fairly long immersion in water alternated with exposure to the atmosphere above the water—for example, the boottopping area of a ship's hull, or steel in the tidal range.

Condensation and high humidity exposure refers to almost continuous condensation; exposure to high humidity alone (with little or infrequent condensation) is not considered to be in this class of exposure.

Chemical environments are those in which strong concentrations of highly corrosive gases, fumes, or chemicals—either in solution, or as concentrated liquids or solids—contact the surface. The severity of exposure may vary tremendously from mild concentration in a yard area to direct immersion in the chemical substance.

Underground refers to buried surfaces in direct contact with the soil, which may be high in salinity or acidity.

It should be understood that surfaces presumed to be exposed to the weather are indeed open to the elements. Structures open to pollution, but sheltered from rain, are particularly vulnerable.

Special Service Requirements. Some painting systems for special services, including resistance to abrasion, fouling, graffiti, mildew, and skidding, are listed in Table 1.

**7. Other Factors in Painting System Selection**

Although environment is usually the primary factor in the choice of a coating system, other factors such as costs, application, surface preparation, appearance, design, available facilities, and availability of specifications should also be considered.

Costs per unit area per year should really be minimized over the projected life of the structure. Sophisticated engineering calculations are sometimes justified, since the cost of coatings during the total life cycle of a structure often exceeds the initial cost of the structure itself. At times in the economic cycle these cost calculations are simplified when money interest rates are of the same order of magnitude as the inflation rate. During these periods a dollar set aside initially at current interest rates may be presumed to have the same purchasing power when it is ready to be spent at some future date.

In many cases it is more economical to use a "deluxe" painting system (for example, top-coated zinc-rich over near-white blast cleaned steel as per SSPC-PS 12.00) than a "low cost" system (such as SSPC-PS 1.09) in a situation where the life of the latter is five years or less.

In many U.S. environments, however, a coating life of seven or more years can be obtained with a simple alkyd paint system. Here it becomes more difficult to justify on a purely economic basis the high initial cost entailed in a potentially more durable system. Such systems usually involve more expensive surface preparation and application and are less tolerant of lapses in workmanship. The cost of the paint itself is, of course, a relatively minor consideration since surface preparation and application costs are usually from two to ten times the material costs.

Appearance is a major consideration in painting many bridges, tanks, refineries, plants, etc., and color is often chosen to harmonize or contrast with adjacent topographic or community features. Appearance plays an increasingly important role in structural painting, but corrosion prevention is necessary to retain that appearance.

Engineering Design of a steel structure can often render protection by paint either relatively straightforward or almost impossible. Chapter 1.2 of Volume 1 of the SSPC Painting Manual, 4th ed., discusses alternative coating practices which should influence the design of structures. These include designs that provide for adequate drainage to avoid entrapment of water, avoidance of crevices that prevent satisfactory application of paint both in original painting and in maintenance painting, and avoidance of sharp edges, either by original rolling to edges with a reasonable radius, or by the requirement of grinding off sharp outside corners.

Facilities Available or methods permissible sometimes limit the type of surface preparation, application, or coatings that can be specified. Sometimes where blast cleaning is impractical or prohibited, the use of high performance coatings that demand rigorous surface preparation must be bypassed in favor of oil base or alkyd paints, or high solids penetrating epoxies (epoxy mastics), or urethanes possessing lesser resistance properties but greater penetration and better tolerance for residues of rust, oil, and dirt.

Sequence. All elements of the system should be sequentially compatible: the surface preparation with the primer, the primer with the intermediate paint(s), and so on to the finish coat.

Availability of Specifications is essential for many types of public and private structures in the U.S., where policy encourages the procurement of materials and services on an open competitive basis. Performance criteria are used whenever possible, but in practice, composition requirements must also be included. Some users also prefer to specify by proprietary product name based upon proven past performance or by qualified products lists.

Environmental Constraints are causing the industry to look carefully at alternatives to sand blasting, at new inhibitive types of pigment, and at new coatings with very low volatile organic compound (VOC) content. Much surface preparation work, for example, is concerned with removal of blast residue, with the use of low-free-silica nonmetallic abrasives, with the use of metallic and other recyclable abrasives, with new wet blast techniques, and with entirely new surface preparation concepts.

**Shop Painting Versus Field Painting Versus Deferred Painting.** In new work it is common to carry out the surface preparation and priming in the shop, touch-up in the field, and finish coating after erection. Other practices are sometimes followed, such as deferring the second coat of paint for several years when the original primer was a zinc-rich. This practice may have tax advantages and has often proven technically feasible. However, postponing the second coat of an oleoresinous paint more than six months can be disastrous and is not recommended.

**Contract Painting Versus "In-House" Painting.** Many large users have their own highly qualified full-time crews, whereas others favor the use of a knowledgeable contractor whose sole business is painting. The painting contract usually provides for either a "cost plus" basis (at a competitive overhead rate) or a "hard dollar" basis, usually based upon competitive bidding.

**Annual Fee Painting** is a type of painting contract in which the contractor agrees, for a specified annual fee, to do whatever painting is necessary to maintain a given plant at a specified high level of protection (e.g., SSPC-VIS 2, Rust Grade 8 or better). This arrangement provides an incentive to minimize cost without sacrificing quality.

## 8. Additional References

Volume 1 of the SSPC Painting Manual offers background on the selection of painting systems in a wide range of industries and environments: steel, petroleum, water, food, paper, power, chemical, highway, railway, salt water, fresh water, tank building, hydraulics, underground, sewage, and government installations. It also presents a background on corrosion, all types of surface preparation, coatings materials, application, inspection, costs, design, failure prevention, and sources of other information.

SSPC's Journal of Protective Coatings and Linings (JPCL) is a monthly publication that covers all aspects of protective coatings technology for a wide variety of industries.



### Granallado- NORMAS DE PREPARACION DE SUPERFICIES

Los trabajos de preparación de superficies están normalizados por varias asociaciones internacionales. Las normas definen la terminación deseada o sea el grado de granallado a alcanzar.

Algunas normas son de comparación visual utilizando probetas de acero, discos comparadores o fotografías y otras normas solo son escritas. Todas ellas están sujetas a un vasto grado de interpretación y aplicación de las especificaciones dadas por los usuarios, inspectores, aplicadores y otros.

Norma SIS - Sueca	Norma Americana	Norma SSPC	Norma Francesa	Norma Inglesa	Norma NACE
SA 3	Metal Blanco	SF 5	DS 3	1 <sup>ra</sup> Quality	Nace 1
SA 2 ½	Semi Blanco	SF 10	DS 2.5	2 <sup>da</sup> Quality	Nace 2
SA 2	Comercial	SF6	DS 2	3 <sup>ra</sup> Quality	Nace 3
SA 1	Cepillado granallado ligero	SF7	DS 1		Nace 4

Las normas de mayor utilización en toda América Latina son las siguientes:

- Normas SSPC  
Steel Structures Painting Council  
Pittsburgh USA
- Normas SIS  
Swedish Standards Institution  
Stockholm Suecia

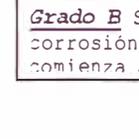
La metodología utilizada se basa en la comparación de la superficie tratada con el patrón de la norma, fotografías en el caso de la norma SSPC y transparencias en el caso de la norma SIS.



### GRADOS DE HERRUMBRE UTILIZADOS EN AMBAS NORMAS



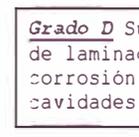
**Grado A** Superficie de acero con la capa de laminación intacta en toda la superficie y prácticamente sin corrosión.



**Grado B** Superficie de acero con principio de corrosión y en la cual la capa de laminación comienza a desprenderse.



**Grado C** Superficie de acero en donde la capa de laminación ha sido eliminada por la corrosión o la capa de laminación puede ser eliminada por raspado, pero en la cual no se han formado en gran escala cavidades visibles.



**Grado D** Superficie de acero en donde la capa de laminación ha sido eliminada por la corrosión y se han formado en gran escala cavidades visibles.





**NORMA EUROPEA SIS 05 5900**

La norma define, para superficies de acero laminadas en caliente los cuatro grados diferentes de herrumbre, antes enunciados como A, B, C, D.

Partiendo de cada grado de herrumbre se definen grados de preparación de superficie, codificados como:

- ST 2 y ST 3: para raspado y cepillado
- Sa 1, Sa 2, Sa 2 1/2, Sa 3 mediante proyección de partículas abrasivas (arenado- granallado)

Así se combinan el punto de partida (superficie previa al granallado) y la terminación final (superficie ya granallada). Como ejemplo, si se parte de un grado de herrumbre "B" y se logra un grado de preparación Sa 2 1/2 el trabajo se define como B Sa 2 1/2.

También los grados de preparación superficial están descriptos con palabras pero las ilustraciones siempre proporcionan una información más precisa.

**Grados de preparación por raspado y cepillado manual con cepillo de acero**

Las superficies de acero se limpiarán para quitar el aceite, grasa, etc., y las capas gruesas de óxido se sacarán con un cincel antes del tratamiento.

- **Grado St 2** Raspado, cepillado manual con cepillo de acero - cepillado a máquina- esmerilado a máquina- etc. de una manera minuciosa. Mediante el tratamiento se quitarán las capas sueltas de laminación, el óxido y las partículas extrañas. Luego se limpiará la superficie con un aspirador de polvo, aire comprimido limpio y seco o un cepillo limpio. Entonces deberá adquirir un suave brillo metálico.

El aspecto deberá coincidir con las figuras de la designación St 2.

- **Grado St 3** Raspado, cepillado manual con cepillo de acero, cepillado a máquina esmerilado a máquina, etc. de una manera muy minuciosa. La superficie se tratará como en el grado St 2 pero de una manera mucho más minuciosa. Después de quitar el polvo, la superficie deberá presentar un claro brillo metálico y su aspecto deberá coincidir con las figuras de la designación St 3



**Grados de preparación por proyección de abrasivos**

Las superficies de acero se limpiarán para quitar el aceite, grasa, etc. y las capas gruesas de óxido se sacarán con un cincel antes del tratamiento.

- **Grado Sa 1 Arenado-Granallado ligero:** se quita la capa suelta de laminación, el óxido suelto y las partículas extrañas sueltas. El aspecto deberá coincidir con las figuras para Sa 1.
- **Grado Sa 2 Arenado-Granallado minucioso:** se quita casi toda la capa de laminación y de óxido y casi todas las partículas extrañas. Deberá adquirir entonces un color grisáceo y su aspecto deberá coincidir con las figuras de la designación Sa 2.
- **Grado Sa 2 1/2 Arenado-Granallado muy minucioso:** Las capas de laminación, óxido y partículas extrañas se quitan de una manera tan perfecta que los restos sólo aparezcan como ligeras manchas o rayas. Su aspecto deberá entonces coincidir con las figuras de la designación Sa 2 1/2.
- **Grado Sa 3 Arenado-Granallado a metal blanco:** Toda la capa de laminación, todo el óxido y todas las partículas extrañas se quitan sin dejar ningún resto de contaminante. Deberá adquirir un color metálico uniforme y coincidir con las figuras de la designación Sa 3.





**NORMA AMERICANA SSPC VIS 1- 89**

Al igual que la norma Europea, la SSPC define cuatro grados de herrumbre (A, B, C, D) equivalentes y partiendo de éstos se definen distintos grados de preparación:

- **Grado SSPC SP7** Granallado / Arenado Rápido
- **Grado SSPC SP6** Granallado / Arenado Comercial
- **Grado SSPC SP10** Granallado / Arenado cercano a metal blanco
- **Grado SSPC SP5** Granallado / Arenado a metal blanco

Como ejemplo, si se parte de un grado de herrumbre "B" y se logra un grado de preparación SP 10 el trabajo se define como B SP 10

- **Grado SSPC SP7 Arenado - Granallado Rápido:** la superficie debe verse libre de aceite, grasa, polvo, capa suelta de laminación, óxido suelto y capas de pintura desprendidas. Conserva la capa de laminación donde está firmemente adherida. Estas partes no deben desprenderse mediante un objeto punzante. Es utilizado sólo en los casos de condiciones muy poco severas y presentará áreas de probables fallas.

- **Grado SSPC SP6 Arenado - Granallado Comercial:** la superficie debe verse libre de aceite, grasa, polvo, óxido y los restos de capa de laminación no deben superar al 33% de la superficie en cada pulgada cuadrada de la misma. Los restos deben verse sólo como de distinta coloración. Generalmente se lo especifica en aquellas zonas muy poco solicitadas sin ambientes corrosivos.

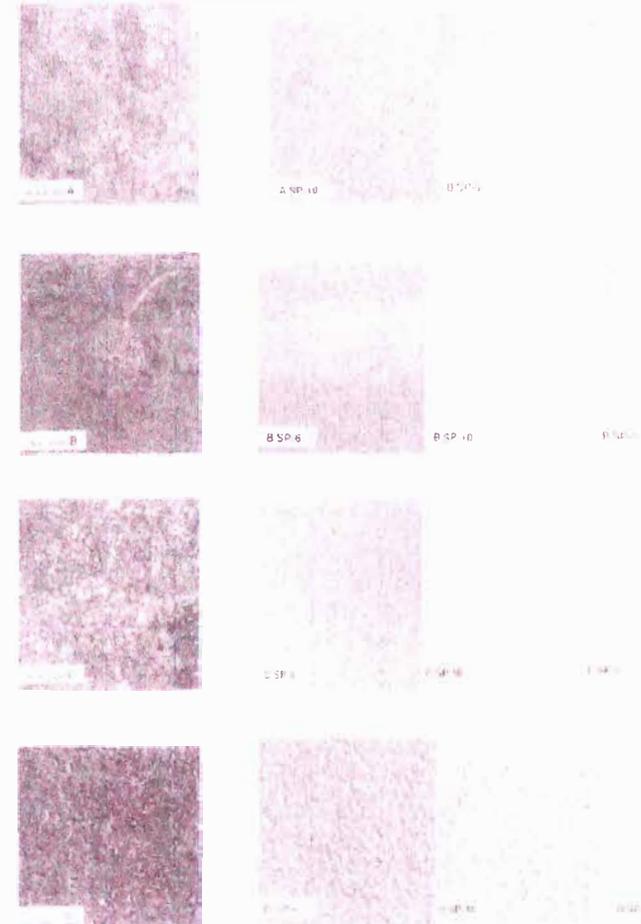
- **Grado SSPC SP10 Arenado - Granallado cercano a metal blanco:** la superficie debe verse libre de aceite, grasa, polvo, óxido, capa de laminación, restos de pintura y otros materiales extraños. Se admite hasta un 5% de restos que pueden aparecer sólo como distinta coloración en cada pulgada cuadrada de la superficie.

Es la especificación más comúnmente utilizada. Reúne las características de buena preparación y rapidez en el trabajo. Se lo utiliza para condiciones regulares a severas.

- **Grado SSPC SP5 Arenado a metal blanco:** la superficie debe verse libre de aceite, grasa, polvo, óxido, capa de laminación restos de pintura sin excepciones. Es utilizada donde las condiciones son extremadamente severas, con contaminantes ácidos, sales en solución, etc.



**MUESTRAS DE DISTINTOS GRADOS DE PREPARACION DE SUPERFICIE**





**NOTAS ACLARATORIAS**

- En la práctica el grado de preparación más utilizado es el Sa 2 1/2 o SP10 debido a que provee un anclaje suficiente para la pintura (en las utilidades más generales), sin llegar a una terminación Sa 3 o SP5 que es la más completa, pero al mismo tiempo la más costosa.
- Es importante recalcar que cuando se utilizan los patrones de comparación visual se debe tener presente que el resultado no tiene que ser exacto al de la ilustración que da la norma. Toda superficie una vez granallada puede diferir en su aspecto y color conforme el tipo de abrasivo utilizado (arena, granalla de acero, etc) además del metal base que se limpió. Es importante en estos casos remitirse al grado de remoción de óxidos que dice la norma.

Una forma de controlar el trabajo es realizar probetas del mismo material a procesar con el abrasivo y en condiciones de trabajo similares a las de obra. Una vez medidas y aprobadas se efectúan durante el trabajo todas las comparaciones con dichas probetas.

- Es muy importante alcanzar el grado de terminación requerido, pues una especificación no alcanzada puede derivar en una falla prematura, en cambio superar la norma involucrará un mayor costo en el trabajo.

**PROYECTOS ESPECIALES**

Si lo que Ud. está necesitando no está enumerado en estas páginas no dude en consultarnos, nuestros departamentos de ingeniería y ventas lo asesorarán en todo lo relacionado con equipos, procesos, acabados, producciones y automatizaciones. Ponemos además a su disposición nuestras instalaciones y equipos de test para efectuar ensayos.

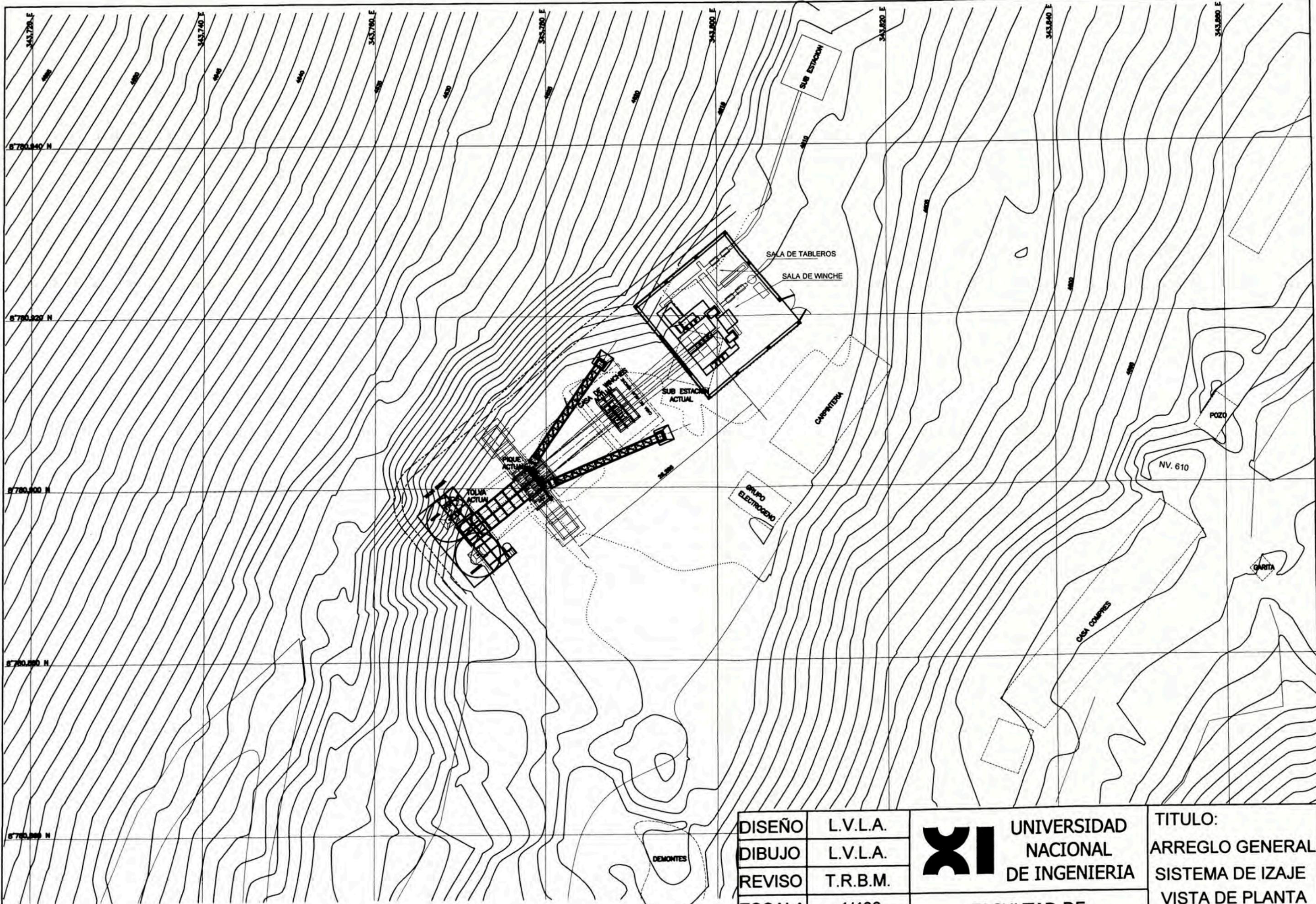


## Apéndice J. Figuras – Diseño y Selección de Elementos de un Sistema de Izaje

Name
 Fig.2.1.Partes de un Sistema de Izaje
 Fig.3.1.Seccion del Pique
 Fig.3.2.Arreglo tipico de Jaula
 Fig.3.3.Holguras Maderos vs Estructuras Pique
 Fig.3.4.Sistema de Seguridad de Jaula
 Fig.3.5.Detalles Sistema de Seguridad de Jaula
 Fig.3.6.Arreglo tipico de Skip
 Fig.3.7.Baldes de Skip.Formas
 Fig.3.8.Skip Anaconda
 Fig.3.9.Skip Tipo Kimberly
 Fig.3.11.Layout General del Castillo
 Fig.3.12.Diagrama de Fuerzas del Castillo
 Fig.3.13-14-15.Resultante.Viga.Bastidor Transversal Delantero
 Fig.3.16-17.Diagrama de Carga Viva del Castillo.Corte
 Fig.3.18.Bastidor Transversal Delantero
 Fig.3.19.Bastidor Transversal Posterior
 Fig.3.20.Bastidor Transversal Delantero
 Fig.3.21.Bastidor Transversal Posterior
 Fig.3.22.Carga de Viento.Casco.3
 Fig.3.23.Carga de Viento.Casco.4
 Fig.3.24.Ubicacion de Canales back to back entrelazadas
 Fig.3.25.Carga Ápice de Castillo
 Fig.3.26.Tipos de Tambores de Izaje
 Fig.3.27.Ángulos de Ataque. Cable de Izaje

## Apéndice K. Tablas – Diseño y Selección de Elementos de un Sistema de Izaje

Name
 Tabla.3.1 Cables de Izaje Standard
 Tabla.3.2 Poleas para Cable de Izaje
 Tabla.3.3 Informacion Gral. Piques
 Tabla.3.4 F.S. Cables de Izaje. Prof.
 Tabla.3.5 Cables de Izaje Standard
 Tabla.3.6 Fuerzas Resultantes
 Tabla.3.7 Fuerzas actuantes sobre Castillo
 Tabla.3.8 Resumen de Fuerzas Castillo
 Tabla.3.9 Momentos de Inercia. Canales
 Tabla.3.10 Cargas bastidor de Poleas



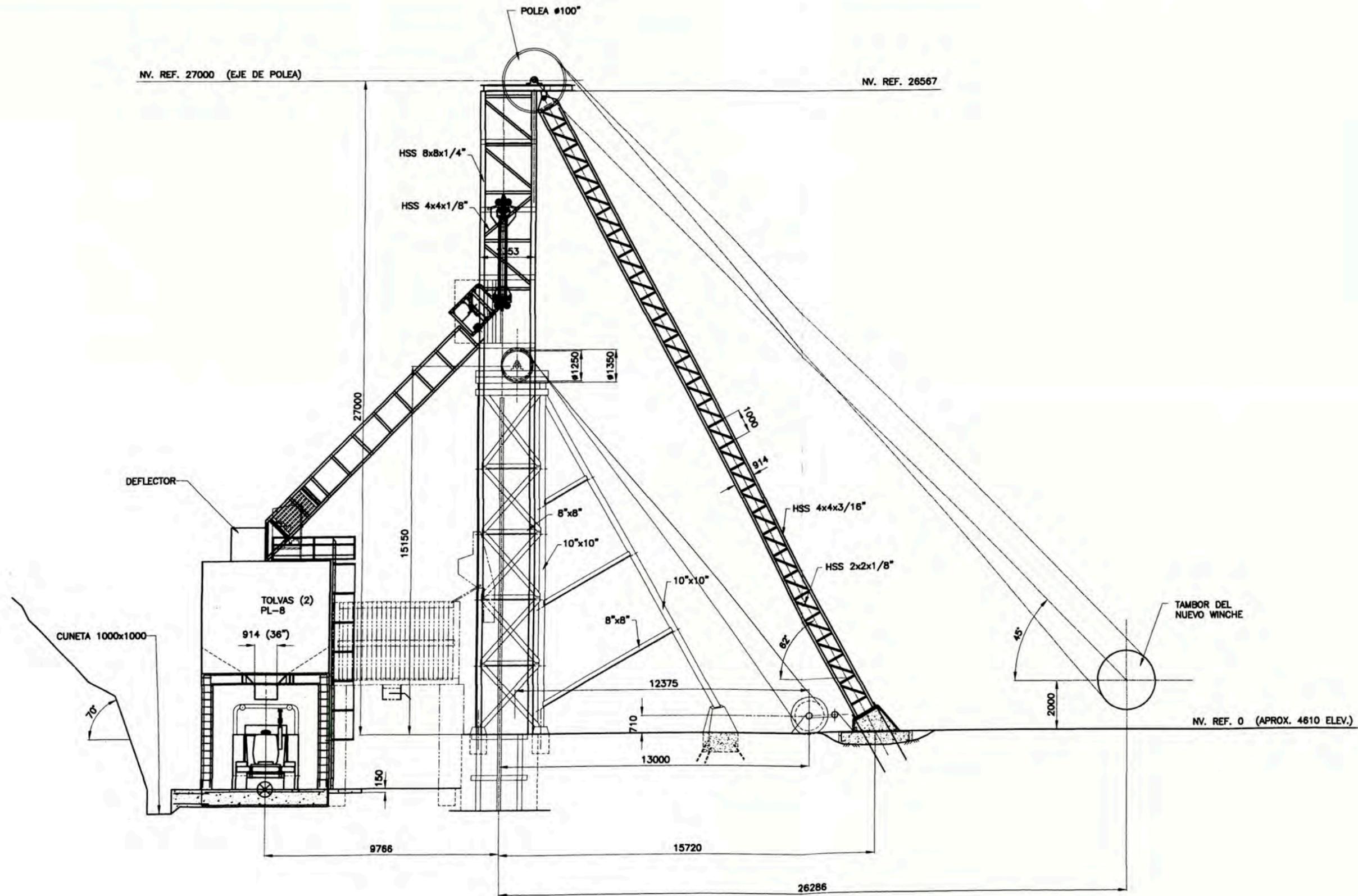
DISEÑO	L.V.L.A.
DIBUJO	L.V.L.A.
REVISO	T.R.B.M.
ESCALA	1/400
FECHA	20/10/10



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE INGENIERIA

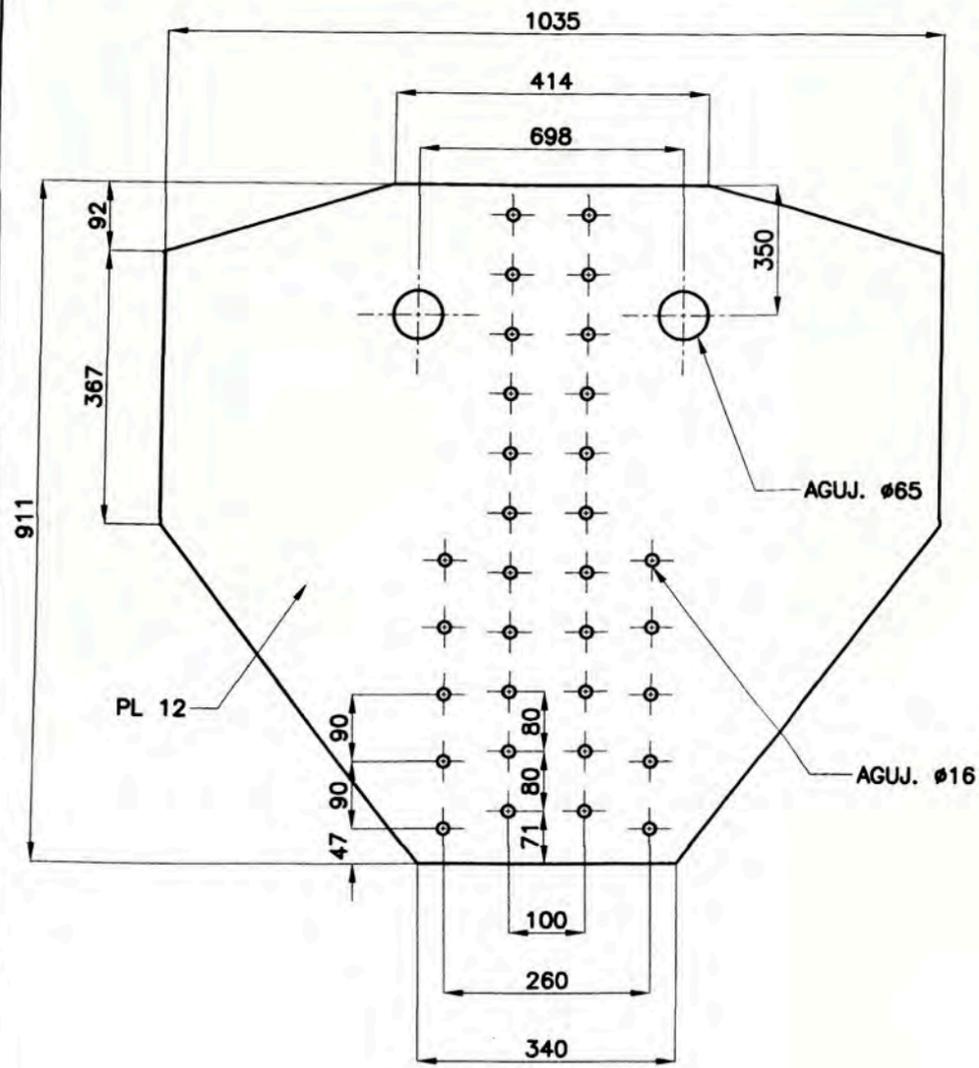
FACULTAD DE  
INGENIERIA MECANICA

TITULO: ARREGLO GENERAL SISTEMA DE IZAJE VISTA DE PLANTA
PLANO N° UNI100-01

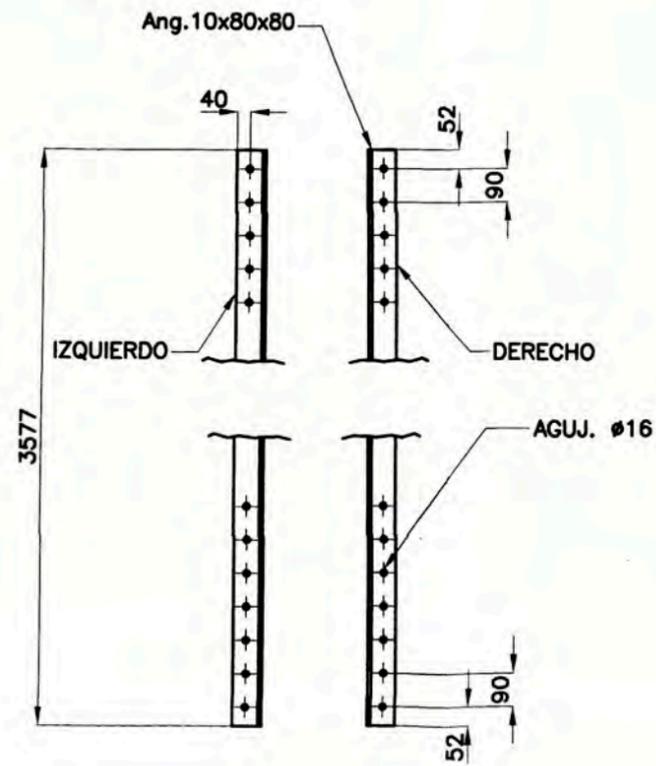


DISEÑO	L.V.L.A.	 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>	TITULO:
DIBUJO	L.V.L.A.		ARREGLO GENERAL
REVISO	T.R.B.M.		SISTEMA DE IZAJE
ESCALA	1/175	<b>FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA</b>	VISTA SECCION
FECHA	20/10/10		PLANO N° UNI100-02

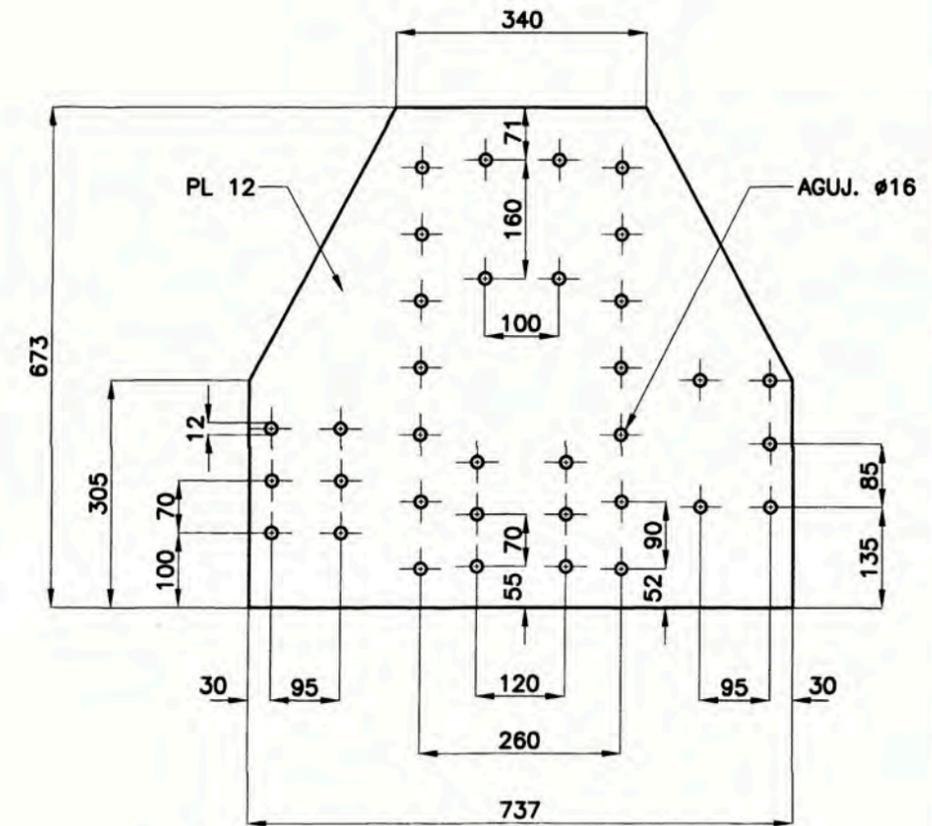
MARCA A



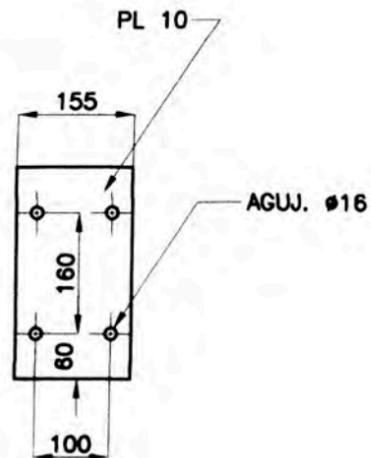
MARCA B



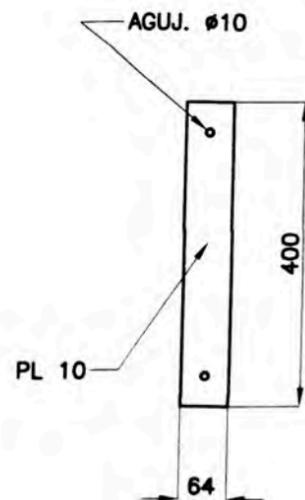
MARCA C



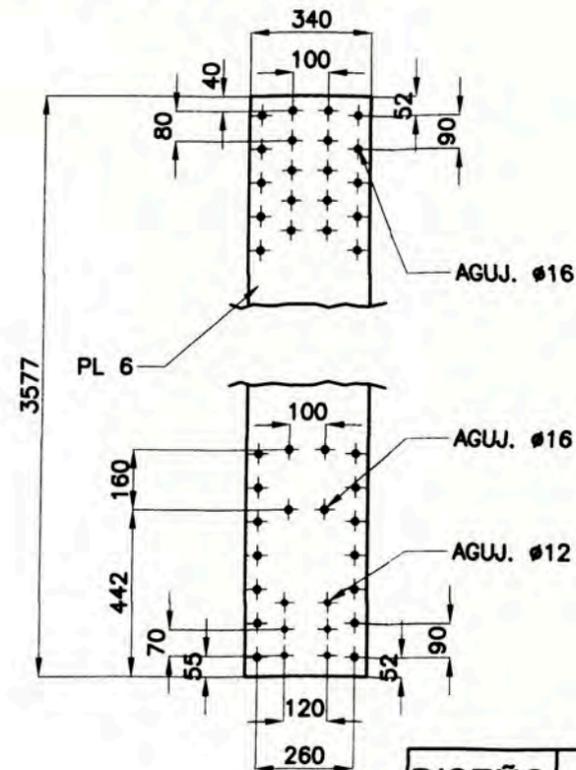
MARCA D



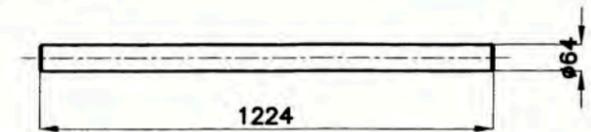
MARCA E



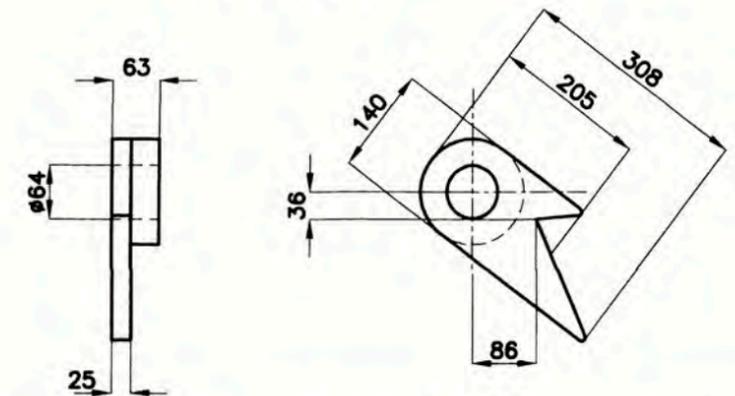
MARCA DE



MARCA F



MARCA EF



DISEÑO	L.V.L.A.
DIBUJO	L.V.L.A.
REVISO	T.R.B.M.
ESCALA	1/10
FECHA	20/10/10

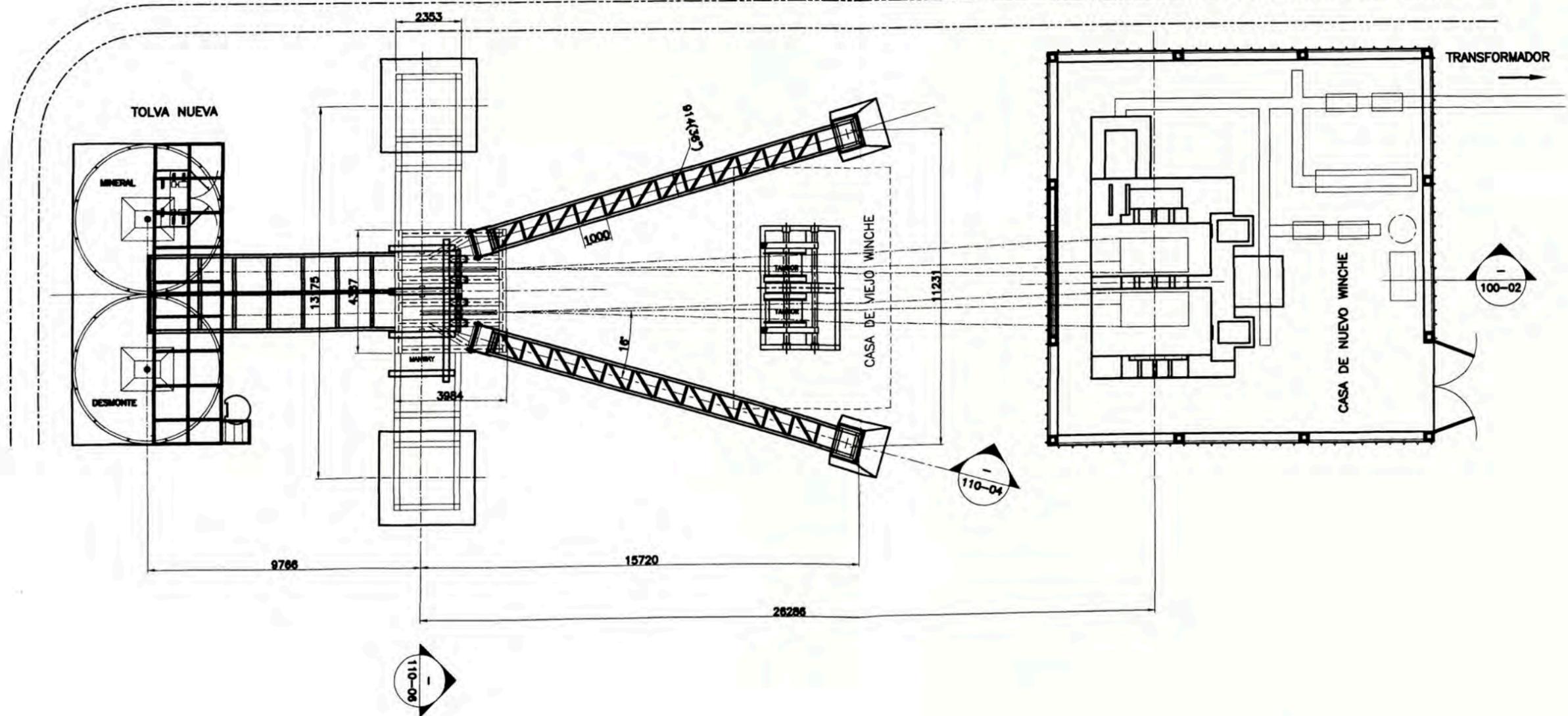


UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE INGENIERIA

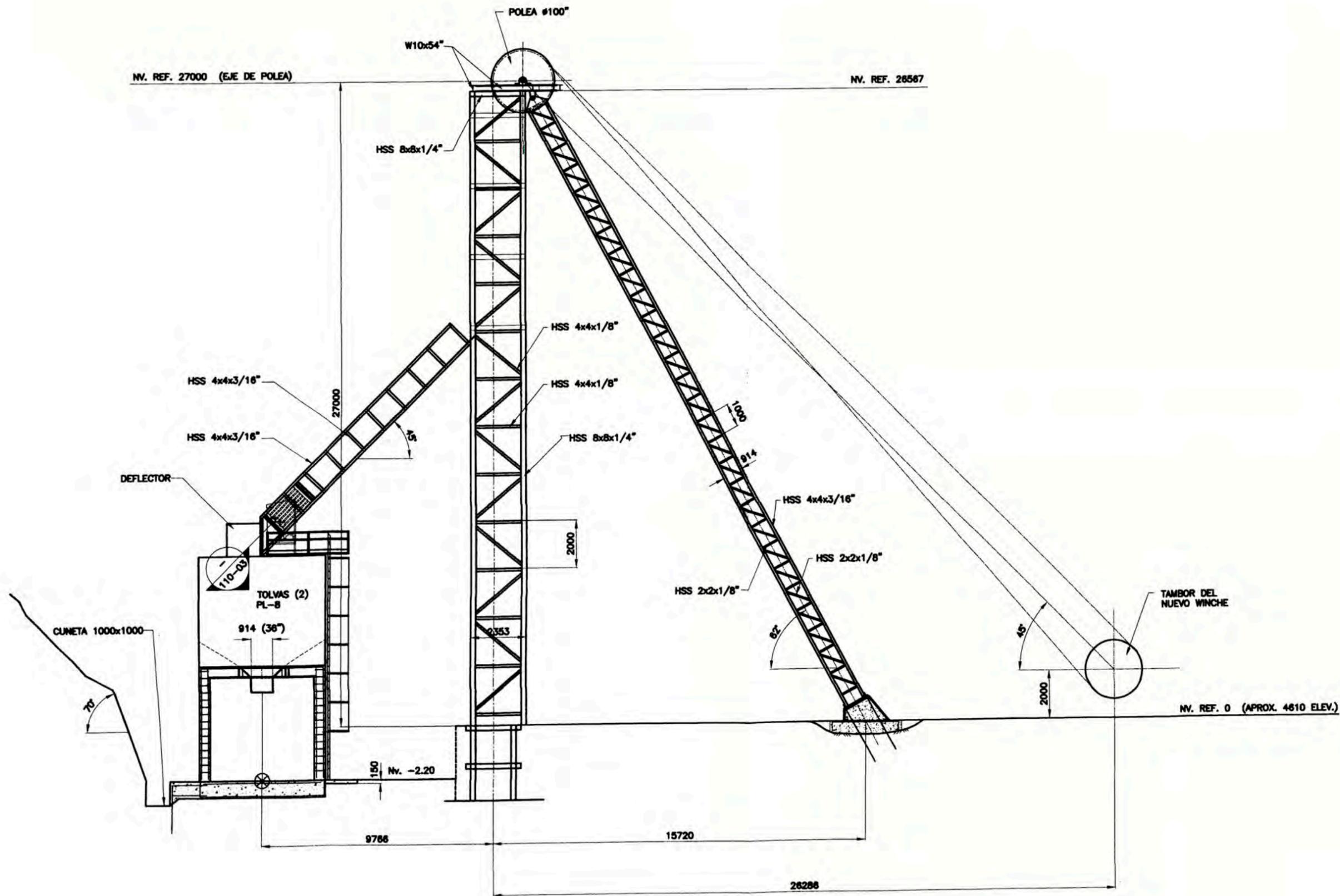
FACULTAD DE  
INGENIERIA MECANICA

TITULO:  
SKIP  
DETALLES DE  
COMPONENTES II

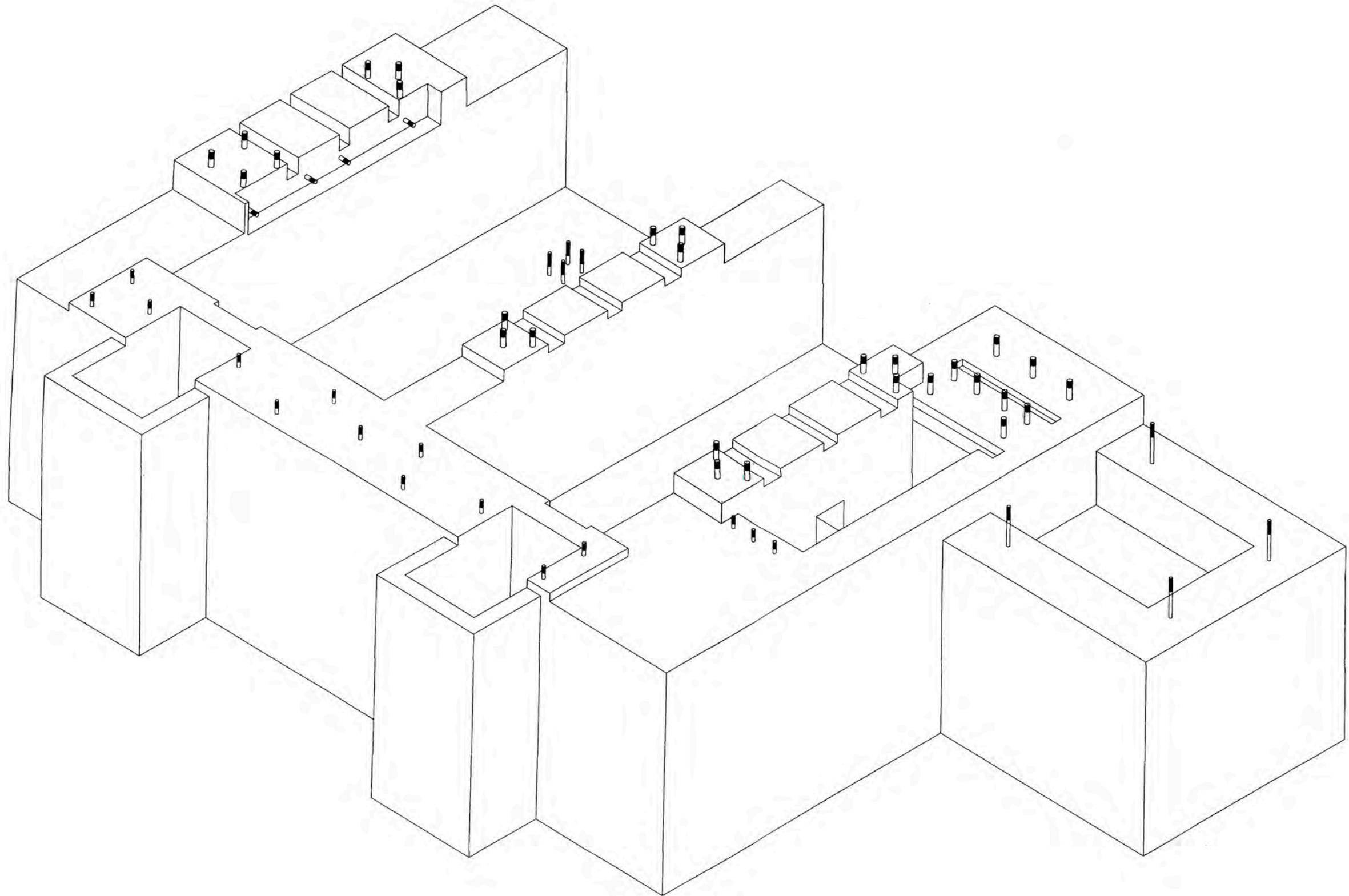
PLANO N° UNI120-03



DISEÑO	L.V.L.A.	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	TITULO:
DIBUJO	L.V.L.A.		CASTILLO O TORRE VISTA DE PLANTA
REVISO	T.R.B.M.		
ESCALA	1/175	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	PLANO N° UNI130-01
FECHA	20/10/10		

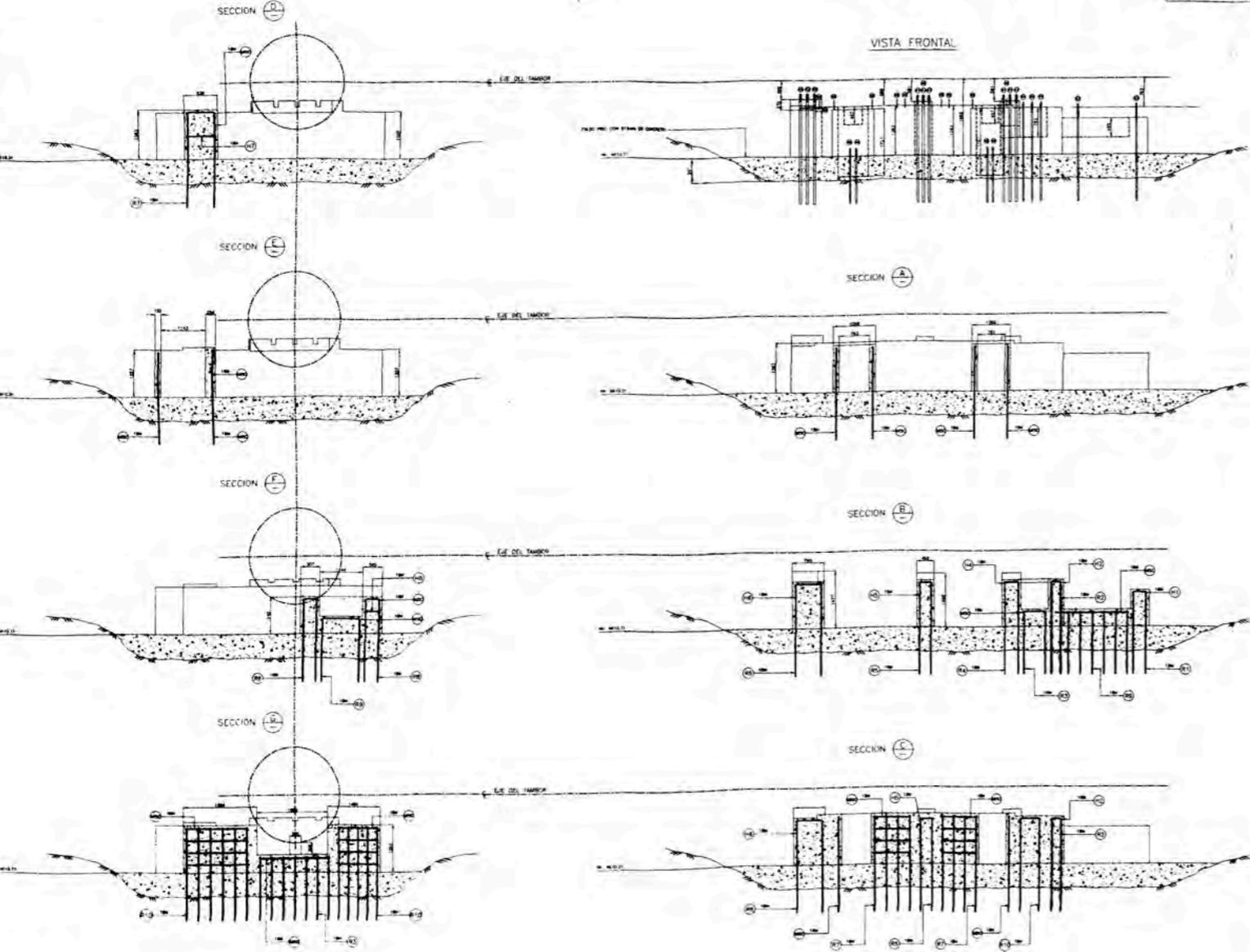
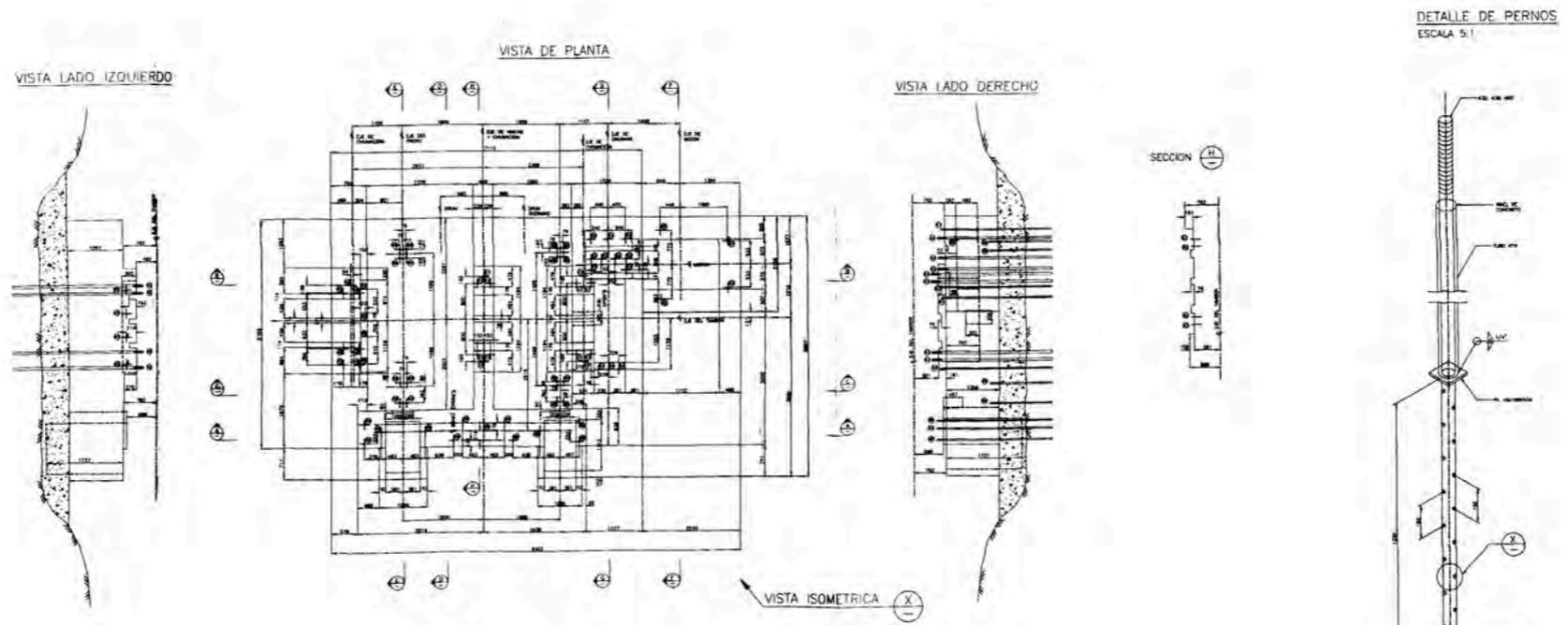


DISEÑO	L.V.L.A.	 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>	TITULO:
DIBUJO	L.V.L.A.		CASTILLO O TORRE
REVISO	T.R.B.M.		VISTA LATERAL
ESCALA	1/175		FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
FECHA	20/10/10		PLANO N° UNI130-02



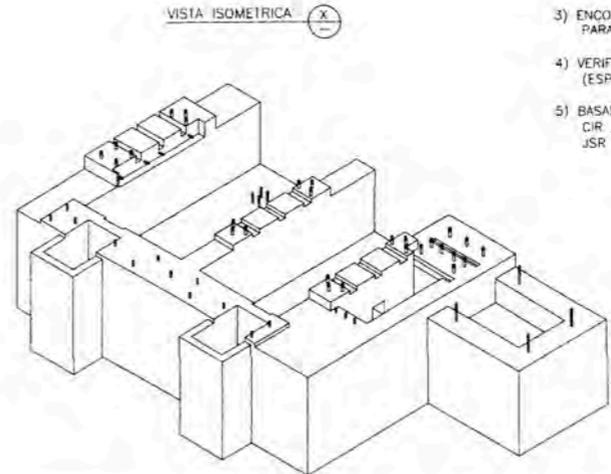
DISEÑO	L.V.L.A.	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>	TITULO:
DIBUJO	L.V.L.A.		VISTA ISOMETRICA
REVISO	T.R.B.M.		CIMIENTO DE
ESCALA	AS SHOWN		WINCHE
FECHA	20/10/10		PLANO N° UNI140-01
		<b>FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA</b>	

LISTA DE FIERRO CORRUGADO					
MARCA	# mm	OTD	A mm	B mm	LONG. m
R1	18	6	350	2110	36.56
R2	18	18	240	2380	90
R3	18	7	570	1610	26.53
R4	18	18	400	2380	92.88
R5	18	18	320	2380	91.44
R6	18	18	650	2380	97.38
R7	18	8	700	2450	44.80
R8	18	12	365	2110	55.02
R9	18	6	1000	1610	25.32
R10	18	12	570	2380	83.96
H1	18	3	390	2050	13.47
H2	18	4	280	5050	41.52
H4	18	4	440	5050	42.16
H5	18	4	360	5050	41.84
H6	18	4	690	5050	43.16
H7	18	2	740	150	2.08
H8	18	4	405	150	2.82
MISC	18				151.52
TOTAL					962.46

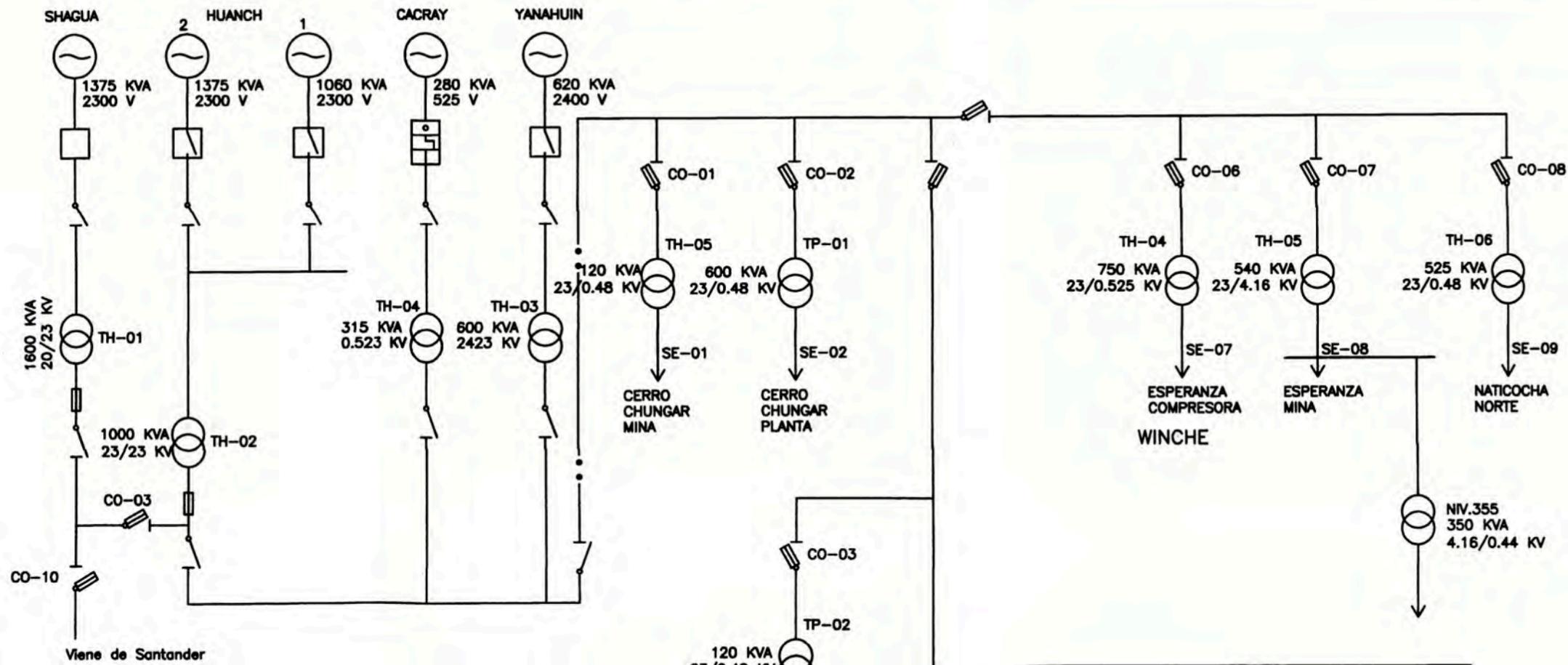


LISTA DE PERNOS DE ANCLAJE			
DEFINICION	MARCA	CANTIDAD	DIMENSION
Perno de Grado SAE-1045	A1	12	#50 x 2750
Perno de Grado SAE-1045	A2	7	#50 x 2825
Perno de Grado SAE-1045	A3	9	#50 x 2590
Perno de Grado SAE-1045	A4	3	#32 x 2520
Perno de Grado SAE-1045	A5	4	#38 x 400
Perno de Grado SAE-1045	A6	12	#32 x 2610
Perno de Grado SAE-1045	A7	4	#32 x 2520
Perno de Grado SAE-1045	A8	16	#32 x 1410

- NOTAS :
- 1) FIERRO CORRUGADO GRADO 60 DE ACEROS AREQUIPA 18M
  - 2) PERNOS DE ANCLAJE DE GRADO SAE-1045 o SAE-1020.
  - 3) ENCOFRADOS DE TRIPLAY FENOLICA DE 18mm PARA ENCOFRADOS.
  - 4) VERIFICAR DIMENSIONES ANTES DE CONSTRUCCION (ESPECIALMENTE EN LA ZONA DEL MOTOR).
  - 5) BASADOS EN PLANOS: CIR (CANADIAN INGERSOLL RAND) JSR (J.S. REDPATH)



DISEÑO	L.V.L.A.	 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA</b>	TITULO:
DIBUJO	L.V.L.A.		DETALLES CIMENTACION WINCHE DE IZAJE
REVISO	T.R.B.M.		
ESCALA	1/155		
FECHA	20/10/10		
			PLANO N° UNI140-02



SIMBOLOS	DESCRIPCION
— • —	Linea de transmision
	Interruptor de vacio
	Interruptor en volumen de aceite
	Interruptor electromagnetico
	Seccionador polar
	Cut-Cut
	Seccionador con fusible

NOMENCLATURA	DESCRIPCION
CO	CUT-CUT
CF	SECCIONADOR TRIPOLAR
CU	SECCIONADOR UNIPOLAR
SE	SUBESTACION DE DISTRIBUCION
TM	TRAMO PARA MINA
TP	TRAMO PARA PLANTA
TH	TRAMO PARA

DISEÑO	L.V.L.A.
DIBUJO	L.V.L.A.
REVISO	T.R.B.M.
ESCALA	AS SHOWN
FECHA	20/10/10

**XI** UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

TITULO:  
 DIAGRAMA UNIFILAR DISTRIBUCION DE ENERGIA  
 PLANO N° UNI140-03