



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica**

**"DISEÑO DE UN SISTEMA DE CRIBAS PARA LA  
CAPTACION DE AGUA DE RIO"**

**TESIS DE GRADO**

**Previo a la Obtención del Título de:**

**INGENIERO MECANICO**

**Realizado por:**

**Milton Alfonso Paredes Rodríguez**

**Guayaquil - Ecuador**

**1.995**

### Agradecimiento

Agradezco sinceramente al Ingeniero Federico Camacho por aceptar y asesorarme en el desarrollo de mi Tesis, y a todas las personas que en alguna forma contribuyeron a la realización de este trabajo

**A MACOY :**

Tu que siempre me acompañas física o mentalmente y tan dentro de mi corazón, se que Dios te ha conservado puro para su Reino, ahora lo comprendo y eso me hace muy feliz. Aunque a veces quisiera que traspasaras tu mundo interno y me dijeras yo también te quiero Milton.

**DECLARACION EXPRESA**

" La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

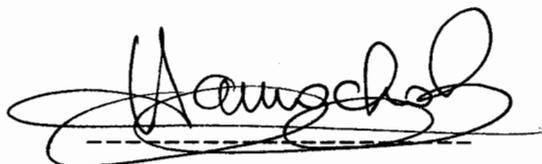
(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL).

-----  
**MILTON ALFONSO PAREDES RODRIGUEZ**



Dr Alfredo Barriga

Decano  
Facultad de Ingeniería  
en Mecánica



Ing. Federico Camacho

Director de  
Tesis de Grado



Ing. Manuel Helguero

Miembro del Tribunal  
de Grado



Ing. Edmundo Villacis

Miembro del Tribunal  
de Grado

## RESUMEN

La presente Tesis tiene por objetivo fundamental desarrollar uno a uno todos los pasos a seguir en la elaboración del diseño de un sistema de cribas como solución a la necesidad de impedir que la basura, algas, peces, camarones, etc., que trae el agua de río puedan causar daño a las bombas, válvulas y demás equipos utilizados en su impulsión desde el punto de captación hasta el lugar de su utilización.

Por tanto, el trabajo consiste en obtener toda la información necesaria acerca de los sistemas mecánicos que usualmente se emplean para tal necesidad, justificar mediante un estudio de mercado la conveniencia de desarrollar la ingeniería aplicada para futuras demandas de sistemas similares.

Luego de justificado el diseño, se dirige la atención al caso específico. Se recopilan todos los datos técnicos necesarios para el dimensionamiento del sistema, esto es, las condiciones de operación, limitaciones físicas y especificaciones mínimas requeridas para cada una de las

partes que lo componen. Se procede entonces a la búsqueda del sistema apropiado que las satisfaga. Se presentan algunas alternativas que podrían funcionar. De estas se selecciona la más apropiada mediante una matriz de decisión en donde se califica en base a los parámetros más importantes al momento de seleccionar el sistema. Con la elección del sistema definitivo, se procede a dimensionar y seleccionar sus partes, siempre haciendo uso en lo posible de los materiales existentes en el mercado local.

Finalizado el dimensionamiento y selección de partes, se elaboran los planos y listas de materiales necesarios como documentación técnica. Con la lista de materiales necesarios, se procede a la cotización local de cada parte del sistema, se obtiene el costo global y se lo compara con lo que costaría importar un sistema de similares características.

El trabajo finaliza con las conclusiones generales del diseño, en donde se indica entre otras cosas, lo que se planteó en los objetivos, las perspectivas económicas para el ingeniero que se dedica al área de proyectos mecánicos.

# DISEÑO DE UN SISTEMA DE CRIBAS PARA LA CAPITACIÓN DE AGUA DE RÍO

## INDICE

|  | <b>PAG</b> |
|--|------------|
| <b>RSUMEN</b> .....  | VII        |
| <b>INDICE</b> .....  | IX.        |
| <b>INTRODUCCION</b> .....  | 11         |
| <b>1. GENERALIDADES DEL USO DE CRIBAS EN EL ECUADOR</b>                  |            |
| 1.1. PRINCIPALES RÍOS Y SU IMPORTANCIA EN EL<br>DESARROLLO DEL PAÍS..... | 15         |
| 1.2. MERCADO DE LOS SISTEMA DE CRIBAS.....                               | 21         |
| <b>2. RECONOCIMIENTO DE LA NECESIDAD</b>                                 |            |
| 2.1. PRESENTACION DEL PROBLEMA.....                                      | 23         |
| 2.2. ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA.....                                   | 25         |
| 2.3. ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD.....                                     | 34         |
| 2.4. ELECCION DEL SISTEMA.....   | 42         |
| 2.4.1. PRESENTACION DE ALTERNATIVAS.....                                 | 42         |
| 2.4.2. MATRIZ DE DECISION.....   | 45         |
| 2.4.3. DESCRIPCION DEL SISTEMA ELEGIDO.....                              | 46         |
| <b>3. DISEÑO Y SELECCION DE PARTES</b>                                   |            |
| 3.1. CARACTERISTICAS DEL SISTEMA.....                                    | 51         |
| 3.2. MATERIALES.....   | 53         |
| 3.3. CALCULOS DE PARTES.....   | 55         |
| 3.3.1. DIMENSIONAMIENTO GLOBAL DEL SISTEMA.....                          | 55         |
| 3.3.2. CRITERIOS DE DISEÑO.....  | 64         |



## **INTRODUCCION**

Los sistemas de cribas aplicados a la filtración de agua son ampliamente utilizados en actividades como plantas de agua potable, retención de especies marinas, tratamiento de aguas residuales, plantas industriales, riego sistemático, etc. y el objetivo de su uso es básicamente el de impedir que la basura del agua dañe los equipos involucrados en el bombeo del líquido hasta el punto de su utilización. Estos sistemas son por lo general de grandes dimensiones (depende básicamente del volumen de agua a filtrar) y por lo tanto pesados. El funcionamiento de estos sistemas es muy sencillo y en la mayoría consiste en un tren de paneles filtrantes rotativos fijos a una cadena de impulsión, la cual está en movimiento continuo para permitir la limpieza de los paneles mediante un sistema anexo.

Como muestra del mercado activo para los sistemas de cribas en nuestro país, tenemos los proyectos de aprovechamiento de

## Dedicatoria

### **A DIOS**

### **A MIS PADRES :**

Miguel y Angela, ya saben que los quiero y está por demás repetirlo. Pero ahora quiero agradecerles porque silenciosa y pacientemente han esperado todo este tiempo por la culminación de mi Tesis y aunque este título no lo lucirán, igual están de contentos.

En cada letra, numero o signo de este trabajo, están Uds., entre espacio y espacio Uds., mi Fuente, mi Inspiración.

### **A MIS DOS AMORES:**

Rebecca y Belen, ya saben que las quiero pero no saben cuanto, tiernas son aún y no alcanzan a comprender cuanto significan para mi. He querido incluirlas en estas líneas porque se que cuando tengan el completo sentido de las cosas sabrán cuanto las amo, mis nenas.

los recursos hidrográficos que el ex-INNERHI\* ha estado llevando adelante en donde se contemplan los de riego sistemático, agua potable, embalses, proyectos hidroeléctricos, entre otros. Tales proyectos involucran el uso de cribas en cualquiera de sus múltiples aplicaciones.

Sin embargo y a pesar de existir un mercado sólido para éstos sistemas, y que además no son equipos complicados, cada vez que se requiere instalar uno, se recurre a la importación porque en el país no existe ninguna empresa que los fabrique. Importar un equipo cualquiera tiene dentro de sus rubros principales el del peso, y los sistemas de cribas son pesados.

Adelantando juicio, se podría pensar que resultaría más barato construir un sistema de cribas a importarlo. Para fabricar estos sistemas se necesita de la demanda del

---

\* El gobierno del Arq. Duran Ballen suprimio el INNERHI y transfirio todas sus atribuciones y funciones a las entidades regionales de desarrollo y como ente regulador creo el Consejo Nacional de Recursos Hidricos (CNRH). Las entidades son: CEDEGE, CRM, CREA, CORSICEN, CORSINOR, CODELORO y la comision ecuatoriano-peruana para el aprovechamiento de las cuencas binacionales. (Suplemento No. 558 Registro Oficial Oct28/94).

mercado, de la facilidad de encontrar los materiales involucrados en su construcción, de la tecnología aplicada y de la decisión del empresario. Mercado hay y materiales también. Las condiciones principales están dadas, faltaría la tecnología aplicada y lo más determinante, la decisión del empresario para llevarla a cabo.

Como contribución a la tecnología, en el presente trabajo se presenta un estudio de los sistemas de cribas para conocer su complejidad, y mediante el diseño de un caso específico real, se plantea la conveniencia económica de que la fabricación sea local.

Este es un estudio más de la factibilidad de construir sistemas mecánicos específicos dentro del país. La decisión de que la fabricación especializada se realice queda finalmente en manos del empresario.

## **CAPITULO I**

## 1. GENERALIDADES DEL USO DE CRIBAS EN EL ECUADOR

### 1.1 PRINCIPALES RIOS Y SU IMPORTANCIA EN EL DESARROLLO DEL PAIS.

Siendo los ríos una fuente de muchos usos como por ejemplo para obtener agua para siembras, energía eléctrica y consumo humano, se constituyen en protagonistas del desarrollo económico del país. Por tal razón y principalmente porque en muchos de estos casos se utilizan los sistemas de cribas para separar las suciedades que trae el agua y para proteger los equipos de bombeo, exponemos brevemente un extracto del estudio de la hidrografía del Ecuador realizado por el autor Terán (1). Destacamos lo siguiente:

**SIERRA.** Casi todos son cortos, de no muy abundante caudal y correntosos por los fuertes desniveles que tienen que salvar en pequeños recorridos. Todos se abren paso a través de Los Andes para dirigirse al Pacífico o al Atlántico por intermedio del Amazonas.

A través de la Cordillera Occidental se han abierto paso el Carchi, el Chota, el Guayllabamba, el Chanchán, el Chimbo, el Cañar y el Jubones, y, entre las sierras que podrían considerarse como vestigios

de esta cordillera al sur, el Puyango, el Catamayo y el Macará; en cambio, a través de la Cordillera Oriental, solo el Pastaza, el Paute y el Zamora han podido abrirse paso.

Las más amplias abras de la Cordillera Occidental son las del Chanchán aprovechada para la construcción del Ferrocarril Quito-Guayaquil, y la otra, la del Chota-Mira para la del Ferrocarril Quito-Esmeraldas. En la otra cordillera, la brecha del Pastaza ha permitido asimismo, la construcción de la primera carretera que penetró al Oriente hacia el Puyo, desde donde se bifurca hacia el Tena al Norte y hacia Macas al Suroeste, cruzando el Pastaza.

Estos ríos, fuera del Gualaceo en el Azuay, son torrentosos y de caudal relativamente pequeño. Encierran eso sí grandes potenciales energéticos como el Paute que abastece a la central hidroeléctrica del mismo nombre. Además otros ríos de potencial aprovechamiento como el Guayllabamba, el Toachi, el Chimbo y el Jubones.

**COSTA.** Estos ríos no tienen la misma orientación; en general presentan dos distintas. Los que forman el gran sistema del Guayas cuya cuenca abarca unos 30000 Km<sup>2</sup>., corren de norte a sur hasta confundirse en el lecho de esa gran arteria fluvial ecuatoriana que desemboca frente a la isla Puná. Sus mayores afluentes son el Daule que nace en las mismas tierras bajas y el Babahoyo. En sus orillas se asientan numerosos pequeños puertos en los que se recogen los productos agrícolas y forestales de las regiones vecinas para conducirlos a Guayaquil. Los más notables son: Durán, Samborondón, Victoria, Daule, Nauza, Jujan, Salitre, Pimocha, Babahoyo, Caracol, Catarama, Ventanas, Zapotal, Vinces, Quevedo, Balzar, Santa Lucía, Colimes y muchos más.

En consecuencia, hidrográficamente, participan de la extensa Cuenca del Guayas, de proverbial riqueza agrícola y forestal, a más de la provincia de su nombre, las de Los Ríos, Manabí, Pichincha, Cotopaxi, Bolívar, Chimborazo, Cañar y Azuay.

Actualmente CEDEGE está llevando adelante uno de los programas agrícolas más importantes del Ecuador, como

es el PROYECTO TRASVASE DEL RIO DAULE A LA PENINSULA que servirá para aprovechar aquella vasta zona fértil y convertirla en lo que una vez fue, el granero del Ecuador.

Los ríos del norte surcan la llanura transversalmente, de este a oeste, y forman dos poderosos sistemas: el del Santiago y el del Esmeraldas. Desde la confluencia de éstos, donde se asienta Quinindé se inicia la navegación hasta Esmeraldas. La cuenca del Esmeraldas abarca unos 20000 Km<sup>2</sup>.

Entre las desembocaduras del Santiago y del Mataje, se forma el interesante archipiélago de Pinguapí, al borde de cuyos canales emergen los más densos manglares.

El Zarumilla por ser el más meridional y constituir el límite con el Perú, merece mención especial. Tiene unos 50 Km de curso y desagua un área de 1800 Km<sup>2</sup>.

**ORIENTE.** Ninguna otra región del país tiene una cantidad mayor de ríos que el Oriente.

Desafortunadamente el Ecuador no solo ha sido alejado de las riberas del Amazonas, sino aún de los del curso medio e inferior de sus principales tributarios.

Tanto el Sucumbíos como el Putumayo que se encuentran en la región nor-oriental son navegables y en su confluencia se asienta una guarnición militar que será el núcleo de un futuro puerto que para nuestro país tendrá mucha importancia.

La confluencia del Gúepi con el Putumayo, algún día llegará a tener capital importancia en la geopolítica sudamericana porque allí confluyen tres países: Colombia, Ecuador y Perú.

El Aguarico, es uno de los grandes tributarios del Napo, actualmente ha cobrado importancia gracias a la explotación del petróleo.

Al igual que el Aguarico, el Coca es otro de los ríos que ha cobrado importancia debido a la explotación petrolera. El Napo es el río más grande e importante del oriente ecuatoriano. En plena llanura, el Napo

recibe además de otros pequeños ríos, al Payamino que es célebre por sus arenas auríferas.

El Pastaza, está formado por los ríos Patate y Chambo que recogen las aguas interiores de las provincias de Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo, abren una brecha profunda en la cordillera Oriental y cuentan dentro de su recorrido el imponente salto del Agoyán que constituye un potencial energético enorme para el país.

El Morona lo forman el Cangaime y el Macuma. En el curso superior de éste, a la derecha, se halla el pequeño poblado de Miazal. El Santiago, abarca una extensa cuenca hidrográfica en el Suroriente. En su orilla derecha se hallan las poblaciones de Macas y Sucúa. El último de los ríos principales del Oriente es el Chinchi. Es un río torrentoso que se forma en los declives surorientales del nudo de Sabanilla, es el último río ecuatoriano de la vertiente amazónica (1).

## 1.2 MERCADO DE LOS SISTEMAS DE CRIBAS

El funcionamiento seguro de los sistemas de cribas es de vital importancia para la continuidad de operación de los servicios públicos y centrales térmicas industriales, así como en las plantas de proceso y de tratamiento de aguas. Unas de las muchas aplicaciones para éstos sistemas son:

1. Plantas de tratamiento de agua ( agua potable )
2. Riego sistemático
3. Represamiento de aguas
4. Centrales térmicas industriales
5. Plantas industriales
6. Estaciones de generación eléctrica
7. Plantas de procesos químicos
8. Plantas manufactureras de plástico
9. Plantas papeleras
10. Plantas alimenticias
11. Refinerías de petróleo
12. Plantas de tratamiento de aguas residuales
13. Proyectos de conservación de especies marinas.

## **CAPITULO II**

## 2. RECONOCIMIENTO DE LA NECESIDAD

### 2.1 PRESENTACION DEL PROBLEMA

#### **NOCIONES PRELIMINARES.**

En el tratamiento de agua para consumo humano, algunos autores tales como CLARK (2) y VIESSMAN (3), ubican a los paneles de filtración dentro de los procesos físicos por los que pasa el agua en la primera etapa, la cual comprende el bombeo hasta la planta de tratamiento. Pero no solo se hallan los paneles sino también las rejas de gruesos y finos.

Las rejas de gruesos y las de finos se encargan de remover todas las impurezas de tamaños mayores a 2 pulgadas. Son los paneles filtrantes los que se encargan de remover la basura de tamaño menor a 2 pulgadas. Para esto, se utilizan paneles con abertura de malla de  $1/16$  a  $1/8$  de pulgada. Estas se construyen usualmente de alambre de acero inoxidable.

Tales paneles pueden remover de 5 a 20% del total de la materia suspendida en el agua. Todas las pantallas deben ser limpiadas continuamente y por lo tanto ser operadas mecánicamente.

**CASO ESPECIFICO.**

Se va a bombear agua del río Daule desde el punto denominado estación de bombeo hasta la planta de tratamiento "La Toma" para potabilizarla. Por lo tanto, se requiere implementar un sistema de paneles filtrantes dentro de la primera etapa. Pero para saber correctamente que tipo de paneles emplear y sus dimensiones, debemos conocer:

- Características del agua
- Especificaciones técnicas

**CARACTERISTICAS DEL AGUA.**

El autor VON BUCHWALD (4) realizó un estudio de la planta de agua potable de Guayaquil donde incluyó brevemente la descripción del agua del río Daule en el punto de captación de la estación de bombeo. Según VON BUCHWALD el agua del Daule varía esencialmente de acuerdo con las condiciones climáticas y la ubicación y violencia de las lluvias en su extensa hoya hidrográfica. Después de las lluvias el río tiene mucha turbiedad y material en suspensión más o menos fino. El río arrastra mucho material terroso el cual se asienta rápidamente en el pozo de succión. Existe la presencia de piedras a intervalos regulares.

También arrastra algas y animales de río como peces, camarones, etc.

#### **APLICACION.**

Por tanto, la necesidad concreta es implementar un sistema de paneles filtrantes cuyo objetivo sea:

- Proteger a los equipos involucrados en la impulsión del agua.
- Impedir que lleguen algas, animales de río, etc., a la planta de tratamiento.

#### **2.2 ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA**

Para diseñar un sistema de paneles filtrantes rotativos en la captación de agua de río, se requiere cierta información técnica. Tal información de acuerdo a la experiencia de compañías especializadas como la FMC Inc.(5) es la siguiente:

- 1.- Caudal de agua a filtrar.
- 2.- Velocidad del agua a través del panel.
- 3.- Niveles del agua (máximo, mínimo, normal) del río en el punto de su captación.

- 4.- Tamaño de la abertura de malla y diámetro del alambre.
- 5.- Tipo de agua a ser filtrada.
- 6.- Dirección del flujo de agua (de frente al panel o por los costados).
- 7.- Materiales de construcción.
- 8.- Tipo de protección requerida.
- 9.- Requerimientos de velocidad ( simple o múltiple).
- 10.- Corriente eléctrica.
- 11.- Implementación o no de un sistema de control.

Para nuestro caso específico, usaremos las especificaciones técnicas que se utilizaron en la adquisición de los equipos de cribado para el "NUEVO SISTEMA DE AGUA POTABLE DE GUAYAQUIL", especificación No. 272/A-M-SP-002 (6).

#### **DESCRIPCION TECNICA DEL SUMINISTRO.**

El equipo consistirá básicamente en una banda continua constituida por un conjunto de paneles de criba unidos por sus extremos a sendas cadenas sinfín las que serán comandadas por ruedas dentadas ubicadas en la parte superior y conducidas en su recorrido mediante guías adosadas a la obra de hormigón. De

este modo las cribas se desplazan verticalmente dentro de la masa de agua, una rama en forma ascendente y la otra en forma descendente.

El equipo de cribado será del tipo dual o central; es decir, que tenga el sentido del agua influente al mismo paralelo a las ramas ascendente y descendente del sistema de mallas del equipo de tal manera que el agua cruda ingresante se divida en dos partes iguales, saliendo hacia el exterior, al atravesar la parte sumergida de las cribas.

El sistema se diseñará para agua de río con una capacidad de  $3.25 \text{ m}^3/\text{s}$ . Los niveles máximo y mínimo del río (7) , nivel del piso de operación y demás características de la instalación se indican en el croquis de la presente especificación. Ver figura 2.1. El diseño de los tamices se hará para una velocidad máxima de  $0.6 \text{ m/s}$ , para impedir la turbulencia en el flujo.

El grupo de mando del equipo estará montado en la parte superior, sobre el piso de operación y será accionado mediante motor eléctrico. Este conjunto

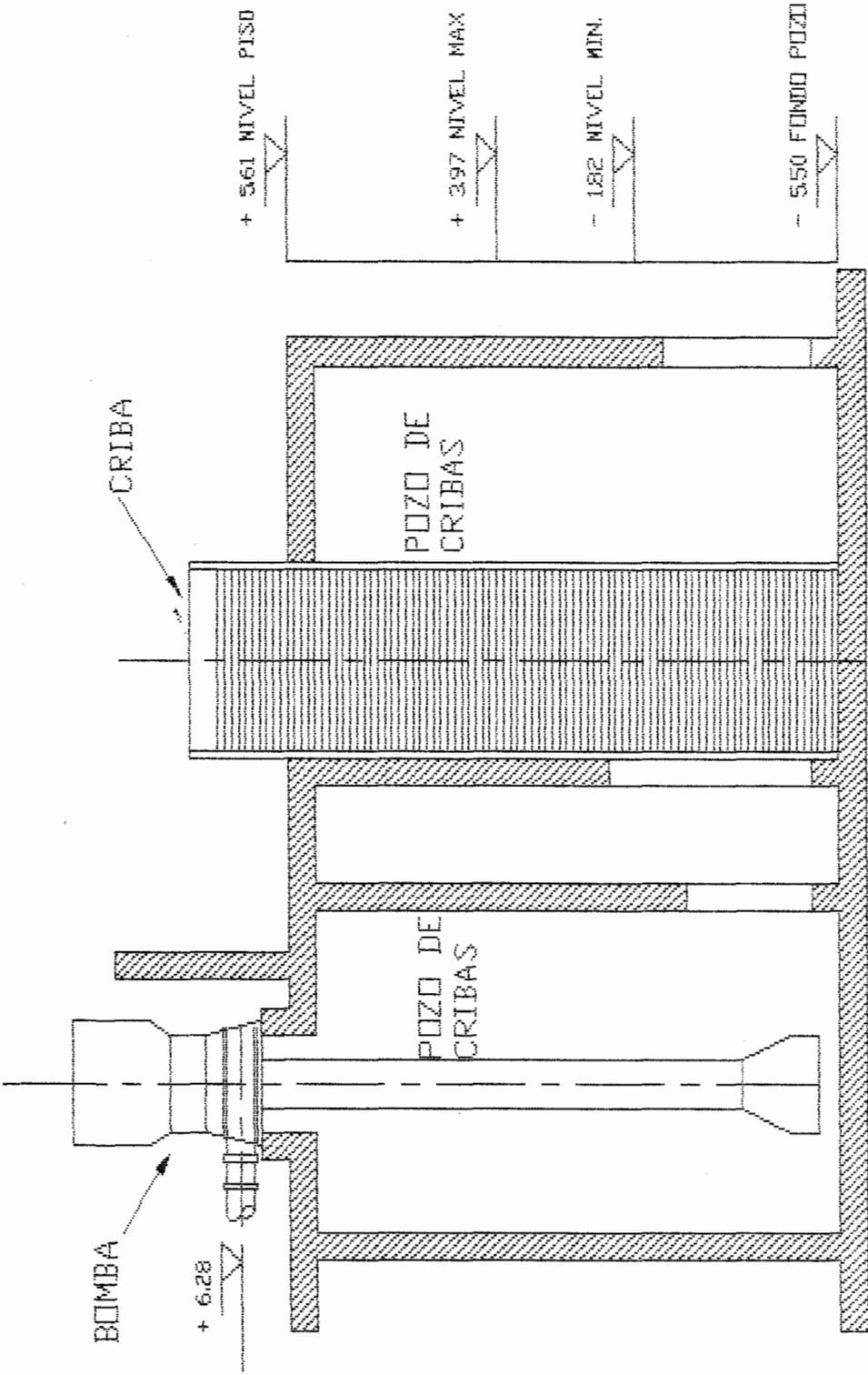


FIGURA 2.1 ESQUEMA PRELIMINAR DE CRIBAS

motriz conducirá al eje de mando sobre el que se montarán las ruedas de cadena que dan movimiento a todo el sistema. Se tratará de evitar la existencia de eje y ruedas de cadena en la parte inferior del recorrido, los que al trabajar sumergidos en el agua dificultan las tareas de mantenimiento. En la parte superior el equipo dispondrá de un dispositivo de lavado de las mallas con agua a presión, de modo de descargar el material retenido por las mismas en una canaleta u otro dispositivo adecuado de evacuación que permita la salida de éste en forma continua.

#### **SISTEMA DE OPERACION.**

El accionamiento de la criba será de sistema automático, que permita operar con seguridad ante sobrecargas o bajo voltaje, y lo saque de servicio cuando ello sea necesario. Estará dotado de un dispositivo de accionamiento de dos velocidades y de un sistema de control automático aguas abajo y aguas arriba de las cribas, el cual actuará sobre el ciclo de funcionamiento intermitente, de modo de mantener la diferencia de nivel dentro de un rango determinado y por debajo del máximo admisible. Si el equipo estuviera funcionando a su máxima capacidad y aún así

el diferencial de nivel superase el máximo admisible el equipo se detendrá automáticamente y activará una alarma requiriendo atención manual, a la vez que enviará señal eléctrica que se utilizará para accionar algún tipo de enclavamiento.

El equipo dispondrá de una velocidad menor de aproximadamente 5m/min. que usualmente se usará cuando el funcionamiento sea continuo. A su vez dispondrá de una velocidad mayor de aproximadamente 10m/min que habitualmente se usará cuando el equipo opere en forma intermitente.

#### **PANELES DE CRIBA.**

Podrán ser planos o de sección curva, en forma de canasto filtrante, logrando así mayor superficie. El medio filtrante será metálico de acero inoxidable. La abertura de malla será del orden de 4 a 5 mm. Estos paneles dispondrán de dispositivos de sellado laterales y longitudinales. Los laterales impedirán el flujo entre el panel y las guías de desplazamiento, mientras que los longitudinales harán el cierre entre dos paneles consecutivos. Para estos

dispositivos se utilizarán materiales inertes resistentes a la abrasión y flexibles.

#### **CADENAS.**

Se diseñarán para soportar las cargas a las que estarán sometidas con alto grado de seguridad y deberán requerir el mínimo mantenimiento. Los rodillos serán de material sintético de alta densidad, u otro material adecuado, montados sobre pernos y bujes de acero inoxidable con el adecuado sistema de sello para impedir la entrada de arena u otro elemento abrasivo.

#### **GUIAS DE DESPLAZAMIENTO.**

Los rodillos de las cadenas serán conducidos en su recorrido por guías cuyas superficies de rodamiento serán pulidas y de bajo rozamiento. Contarán además con superficies de sellado sobre las que rozarán permanentemente los sistemas de sello de los paneles de criba. Todas las superficies de desgaste, es decir, las superficies de guías de los rodillos y las de rozamiento de los sistemas de sello serán de acero inoxidable. También se puede considerar construir las guías íntegramente en acero inoxidable. El diseño

de las guías deberá prever los anclajes correspondientes a la obra de hormigón.

#### **CABEZAL DE MANDO.**

Estará montado sobre el piso de operación y contará con un bastidor o chasis de acero soldado sobre el que se dispondrá el eje de mando con sus dos ruedas de cadena sobre sus soportes. Todo el conjunto quedará incluido dentro de una carcasa construida en chapa de acero o en plástico reforzado, apta para trabajar a la intemperie.

El montaje del eje contará con un sistema que permita regular la tensión de las cadenas y el giro del mismo se hará sobre rodamientos. Los que serán ampliamente dimensionados para una vida útil de 40000 horas. La lubricación de los mismos será por grasa o aceite. La construcción de las ruedas de cadena podrá ser en acero o en fundición de hierro dúctil y sus dientes o superficies de rozamiento serán reemplazables, contruídos en acero inoxidable. El grupo motriz estará contruido por motor eléctrico y reductor de velocidad, diseñados para trabajar en servicio continuo a la máxima carga del equipo. El reductor de

velocidad estará diseñado según las normas AGMA u otras normas internacionales equivalentes, para transmitir la potencia de accionamiento con el factor de servicio asignado por la norma para el tipo de utilización, pero no menor de 1.5.

En cuanto a los ejes, éstos serán de acero al carbono de calidad no inferior a la del acero SAE 1045, o de acero aleado y estarán montados integralmente sobre rodamientos aptos para tomar las cargas a que estarán sometidos. Se prestará especial atención al dimensionamiento de los rodamientos para lograr una vida útil mínima de 40000 horas.

En la parte superior del cabezal se dispondrá el sistema de lavado de los tamices, para agua a presión, el que contará con uno o dos colectores con toberas intercambiables con sus válvulas de regulación y su correspondiente bomba para el suministro del agua a la presión necesaria. Contará además con un sistema de evacuación del efluente de lavado con canaletas recolectoras.

**PANEL DE CONTROL.**

Se suministrará un panel de control completo con todos los sensores y elementos de comando y señalización necesarios para la operación del equipo, incluyendo el sistema de arranque del motor, un selector de operación manual-automático, luces indicadoras de protección de sobrecarga del motor y protección contra cortocircuito.

**MOTOR ELECTRICO.**

Este motor será apto para funcionamiento a la intemperie y la alimentación eléctrica será alterna trifásica de 220V - 60 Hz y será de dos velocidades.

**2.3 ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD****DEMANDA DE CRIBAS EN EL ECUADOR.**

Como ya habíamos señalado en la sección 1.2, el mercado de cribas es muy amplio y sobre todo en los proyectos donde se aprovecha el agua de los ríos. Por tal razón, el mejor mercado actual y a futuro para estos sistemas, lo componen todos los proyectos hidráulicos que el ex-INERHI ha estado ejecutando en todo el país, por intermedio de los organismos encargados en cada sector donde se ejecuta la obra.

## RECURSOS HIDRICOS DEL ECUADOR Y LAS CUENCAS HIDROGRAFICAS.

Según estudios realizados por el ex-INERHI, la cifra media anual de agua captable por obras hidráulicas es de la magnitud de 106.486'900.000 m<sup>3</sup>. Si de ésta cifra descontamos la que no puede captarse por falta de posibilidades físicas de almacenamiento, por filtración y evaporación de embalse, tenemos que podemos asumir el 50%, es decir, la cantidad de 53.200'000.000 m<sup>3</sup>. Para servir solo a 900.000 has. de riego en Costa y Sierra se requiere de 11000x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> de agua al año y para uso domestico de población a 1990, 900'000.000 m<sup>3</sup> lo cual da un total consuntivo solo en estos dos rubros de 11.900'000.000m<sup>3</sup> que comparando con la cifra captable es de 22.3%. Este es un porcentaje que nos hace ver claramente la escasez de recursos de agua en el país, si pensamos que las 900.000 has. serían solo el 18% del área cultivada en 1990 y que a partir de éste año existen muchas más necesidades en riego y uso domestico a más de industria y otros usos.

Ahora vamos a reconocer los proyectos nacionales que el ex-INERHI ha estado impulsando y que por supuesto constituyen mercado para los sistemas de cribas(8).

## **PRESAS DE EMBALSE Y TRASVASES ACTUALES Y PROGRAMADOS**

### **a) PRESAS DE EMBALSE**

La tabla I muestra las presas de embalse y trasvases actuales y la tabla II muestra los que están programados.

### **b) TRASVASES DE CUENCAS**

Las principales son:

- Toachi-Daule-Carrizal-Portoviejo
- Chalupas-Alaquez
- Pindo-Arenillas
- Daule-Vinces-Babahoyo

Además existen obras construidas y por construirse. El ex-INERHI ha estado estudiando la factibilidad de realizar más proyectos de aprovechamiento de los recursos hidrológicos del país.

**TABLA I** (Presas construidas)

| Provincias | Proyecto                        | m <sup>3</sup> x10 <sup>6</sup> |
|------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Manabí     | Poza Honda (agua potable-riego) | 85                              |

Fuente: Referencia (8).

**TABLA II** (Presas programadas).

| Provincias | Proyecto                             | m <sup>3</sup> x10 <sup>6</sup> |
|------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| Guayas     | Daule Peripa (inund-riego-elect)     | 2000                            |
| Guayas     | Reserv. Vinces (inund-riego)         | 2000                            |
| Guayas     | Reserv. Balzar (inund-riego)         | 220                             |
| Carchi     | Chamizo-Montufar (hidroelectricidad) | 460                             |
| Carchi     | Chabayán-El Angel (riego)            | 3                               |
| Pichincha  | San Marcos-Tabacundo (riego)         | 15                              |
| Pichincha  | La Chimba-Tabacundo (riego)          | 8                               |
| Pichincha  | Toachi (hidroelectricidad)           | 45                              |
| Pichincha  | La Mica (hidroelectricidad)          | 21                              |
| Pichincha  | Chiche (riego)                       | 20                              |
| Cotopaxi   | Chalupas (riego-electricidad)        | 340                             |
| Cotopaxi   | Alaquez (riego)                      | 25                              |
| Tungurahua | Pisayambo (electricidad-riego)       | 110                             |
| Tungurahua | El Rosario (electricidad)            | 1                               |
| Chimborazo | Osogoche-Palmira (riego)             | 60                              |
| Cañar      | Culebrillas (riego)                  | 27                              |
| Cañar      | San Pedro-Cañar (riego)              | 20                              |
| Azuay      | Mamama (riego)                       | 15                              |
| Azuay      | Del Pulpito (electricidad)           | 130                             |
| Azuay      | Masar-Paute (electricidad)           | 250                             |

TABLA II. (Continuacion)

Presas programadas.

| Provincias | Proyecto                            | m <sup>3</sup> x10 <sup>6</sup> |
|------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| Azuay      | Sopladora-Paute (electricidad)      | 9                               |
| Manabí     | Esperanza-Carrizal (riego)          | 350                             |
| Manabí     | Mancha Grande (riego)               | 50                              |
| Manabí     | Visquiije (riego)                   | 60                              |
| Manabí     | Chamotete (riego)                   | 80                              |
| El Oro     | Minas Jubones (inund-riego-elect)   | 285                             |
| El Oro     | Sn Francisco-Jubones (electricidad) | 8.8                             |
| El Oro     | Portovelo (riego-electricidad)      | 200                             |
| El Oro     | Tahuín (riego)                      | 200                             |
| El Oro     | Puyango (riego-electricidad)        | 50                              |
| El Oro     | Palmales (riego)                    | 600                             |
| El Oro     | Naranjos (riego)                    | 80                              |
| Guayas     | Bachillero (riego)                  | 24                              |

Fuente: Referencia (2).

**PROYECTOS EJECUTADOS.**

Como ejemplos de algunos proyectos importantes ejecutados tenemos:

Plantas de agua potable:

EMPRESA PROVINCIAL DE AGUA POTABLE DE GUAYAQUIL (EPAP-G ). En ésta empresa que ahora cuenta con dos plantas de agua potable: la vieja planta y la nueva planta, tenemos dentro de la estación de bombeo a los grupos de cribas filtrantes que son del tipo rotativas y que sirven para retener las suciedades mayores que trae el agua de río. Dentro de ésta empresa, los sistemas de cribado han resultado ser muy eficientes y confiables, lo que ha permitido simplificar el proceso de potabilización y además reducir el mantenimiento de los equipos involucrados tales como: bombas de impulsión, válvulas, etc.

EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE DE QUITO (EMAP-Q ).

Al igual que la EPAP-G, ésta empresa también utiliza los sistemas de paneles filtrantes rotativos para los mismos fines.

Así, podemos decir que en todas las potabilizadoras de agua de río, se emplean los sistemas de paneles filtrantes.

De los otros sistemas, podemos hablar por ejemplo del Proyecto TRASVASE DE AGUAS DEL RIO DAULE A LA PENINSULA que es impulsado por el Gobierno Central y ejecutado por la internacional constructora ODEBRECHT bajo la fiscalización de CEDEGE, proyecto que en su fase I cuenta con una estación de bombeo para impulsar alrededor de 44 m<sup>3</sup>/seg. de agua lo cual requerirá un grupo de bombas de pozo profundo y por ende de un grupo de tamices tipo rotativo para filtrar el agua antes del bombeo.

Actualmente esta en proceso de licitación el proyecto hidroeléctrico TOACHI-PILATON en la provincia de Pichincha, proyecto que es vital para solucionar el problema del estiaje eléctrico en el país.

Además existen obras construidas y por construirse para desviar pequeñas vertientes o ríos que van a una cuenca de drenaje y transportarlas a otra cuenca para su uso, como el caso de los proyectos Tumbabiro,

Tabacundo, canal Cotopaxi y varios otros que por la cantidad pequeña de agua que toman, generalmente para cubrir parcialmente sus requerimientos, no merecen entrar en la categoría de los verdaderos trasvases programados.

Está claro entonces que el mercado nacional de cribas es amplio y sobre todo en aquellos proyectos ejecutados por el gobierno nacional. Pero esto no es todo, si no que también hay los proyectos ejecutadas por empresas privadas tales como la industria pequeña, camaroneras, etc.

Una mayor información de proyectos hidráulicas en el Ecuador lo presenta el ingeniero Luis Carrera de la Torre, ex-director del INERHI, en su obra "Las obras hidráulicas y la supervivencia del Ecuador"(8).

#### **OFERTAS DE CRIBAS EN EL ECUADOR.**

No existe en el país ninguna empresa que se dedique a la construcción ni comercialización constante de estos sistemas. Lo que ocurre es que cada vez que se requiere uno de estos sistemas, se recurre a la importación del equipo completo en base a los

requerimientos de diseño. Estos sistemas se importan con la partida arancelaria No. 84.21.21.90 "FILTROS DE TAMIZ PARA TRATAR AGUAS DE RIO Y CON SEDIMENTOS INDUSTRIALES", con el 10% de recargo por derechos arancelarios. La tabla III muestra las importaciones efectuadas durante los últimos cinco años con un monto promedio de un millón de dólares anuales en equipo completo, sin tomar en cuenta los repuestos. Estos equipos son en su mayoría importados de EE.UU. y España, y por su gran peso, el costo de importación es muy alto.

## **2.4 ELECCIÓN DEL SISTEMA**

### **2.4.1 PRESENTACION DE ALTERNATIVAS**

Siguiendo fielmente las especificaciones del sistema, lo que queda por definir es la calidad de los materiales utilizados.

Todas las alternativas deben cumplir con:

- Se utilizará una guía semicircular en reemplazo de una rueda de cadena de elevación en el fondo para simplificar el mantenimiento.

**TABLA III**

Importaciones de filtros de tamiz para agua de río e industriales. Partida arancelaria No. 84.21.21.90. (Ton y miles de dolares).

| AÑO         | TON   | FOB    | CIFT   |
|-------------|-------|--------|--------|
| 90          | 50.6  | 1199.4 | 1263.5 |
| 91          | 52.8  | 640.1  | 719.8  |
| 92          | 114.8 | 826.7  | 946.9  |
| 93          | 63.1  | 981.9  | 1025.3 |
| Ene93/May94 | 10.2  | 135.8  | 150.9  |

ente: Bco. Central del Ecuador (Dpto. Estadísticas).  
 aboracion: El autor.

- Todas las alternativas utilizarán un sistema automático de control.

- Se utilizará motor eléctrico de dos velocidades y reductor de engranajes.

A continuación las alternativas:

ALTERNATIVA # 1:

Todas las partes expuestas a corrosión y desgaste serán de acero inoxidable, la carcasa del cabezal de mando será en acero soldado, los paneles filtrantes íntegramente en acero inoxidable, tornillería en acero inoxidable.

ALTERNATIVA # 2:

Todas las partes expuestas a desgaste y corrosión serán en acero galvanizado, la carcasa del cabezal de mando será en fibra de vidrio, los paneles serán en acero protegido con pintura epóxica sanitaria, la malla será en acero inoxidable, la tornillería en acero inoxidable.

**ALTERNATIVA # 3:**

Todas las partes expuestas a desgaste y corrosión serán en acero protegido con pintura epóxica sanitaria, la carcasa del cabezal será en fibra de vidrio, la malla en acero inoxidable, los paneles en acero protegidos con pintura epóxica sanitaria, la tornillería en acero cadmiado.

**2.4.2 MATRIZ DE DECISION**

Para el servicio que va a prestar el sistema de paneles filtrantes, y de acuerdo a las especificaciones y requerimientos establecidas, normalmente se presentan tres alternativas como mínimo que reúnan las características necesarias además de similitud de costos, fácil mantenimiento y operación sencilla, entre otras. Como todas las alternativas cumplen con las condiciones de las especificaciones técnicas, la decisión de cual es la más conveniente se realizará en base a: COSTO INICIAL, MANTENIMIENTO, EFICIENCIA y VIDA UTIL. La calificación será así:

|                |               |
|----------------|---------------|
| COSTO INICIAL: | 30%           |
| MANTENIMIENTO: | 20%           |
| EFICIENCIA :   | 30%           |
| VIDA UTIL :    | 20%           |
| TOTAL          | -----<br>100% |

El porcentaje de conveniencia es:

100%      conveniente



0%           no conveniente

RIZ

| ALTERNATIVA | COSTO INICIAL. | MANTENIMIENTO | EFICIENCIA | VIDA UTIL | TOTAL |
|-------------|----------------|---------------|------------|-----------|-------|
|             | 0.3            | 0.2           | 0.3        | 0.2       | 100%  |
| 1           | 0.3            | 0.7           | 0.7        | 0.6       | 56 %  |
| 2           | 0.6            | 0.6           | 0.6        | 0.6       | 60 %  |
| 3           | 0.7            | 0.3           | 0.3        | 0.3       | 42%   |

base a este tipo de selección la alternativa más conveniente es la ALTERNATIVA # 2.

#### 2.4.3 DESCRIPCION DEL SISTEMA ELEGIDO

Se utilizarán rejillas móviles de 3.25 m<sup>2</sup>/s.

Las características corresponden a las requeridas en las especificaciones técnicas,

destacamos las siguientes particularidades:

#### REJILLAS MOVILES.

Protección contra salpicaduras, en cabeza motriz, en fibra de vidrio. Cadena de elevación con rodillos de nylon que no precisa engrase en las articulaciones. Dientes renovables de nylon en ruedas dentadas de elevación. Tornillería en acero inoxidable. Pistas de acero inoxidable para rodadura de los rodillos de la cadena. Malla en acero inoxidable.

#### SISTEMA DE LIMPIEZA.

Grupo motor-bomba centrífuga de pozo profundo que incluye tubería de acero galvanizado con sus respectivos accesorios e indicadores de presión.

#### CUADRO DE MANIOBRA.

Se prevé un cuadro de maniobra para funcionamiento automático y manual.

AUTOMATICO.

En funcionamiento automático produce la limpieza de paneles filtrantes sin intervención del operario, realizándose la siguiente secuencia:

- Arranque de motobomba de limpieza.
- Comprobación de presión de agua de limpieza.
- Arranque de motor de accionamiento de rejilla en velocidad lenta.
- Comprobación de giro de eje de elevación de paneles filtrantes.

La secuencia reseñada se gobierna mediante un sistema de control de pérdida de carga. La parada de la secuencia de limpieza no se produce hasta restablecer pérdida inferior al nivel bajo preseleccionado.

En caso de que la pérdida de carga sobrepase un segundo nivel preseleccionado alto, la elevación de paneles filtrantes pasará a velocidad rápida y pasado un tiempo sin descender de éste nivel se dará una señal.

**MANUAL.**

Se prevé funcionamiento manual por parte del operario mediante conmutadores y pulsadores para operaciones de emergencia o mantenimiento.

### **CAPITULO III**

### 3. DISEÑO Y SELECCION DE PARTES

#### 3.1 CARACTERISTICAS DEL SISTEMA.

##### CARACTERISTICAS DE LA CADENA DE MOVIMIENTO.

La cadena de movimiento cumple la función de transportar la basura retenida del agua hasta su descarga en el punto de lavado de los paneles filtrantes, es decir, se comporta como un sistema de elevación de materiales. Observaciones: No precisa elementos de sello entre bandejas por ser la holgura inferior a la luz de malla. A continuación presentamos las características del sistema, las mismas que son obtenidas de los cálculos de éste capítulo y de las especificaciones técnicas correspondientes.

- .- Tipo .....Flujo dual
- .- Distancia entre centros.....10440 mm
- .- Ancho de paneles filtrantes.....1830 mm
- .- Superficie unitaria del panel.....1.1 m<sup>2</sup>
- .- Número de paneles filtrantes.....43
- .- Tipo de paneles filtrantes.....Malla acero

inoxidable AISI-304

- .- Luz de malla..... 4x4 mm
- .- Diámetro del alambre..... 1.6 mm
- .- Area abierta..... 51%
- .- Paso de cadena..... 610 mm
- .- Longitud de cadena..... 52460 mm
- .- Velocidad de funcionamiento..... 5/10 m/min.
- .- Potencia del motor..... 5/2.5 hp;  
1800/900 RPM
- .- Tensión eléctrica.....3 fases; 220V/60 Hz
- .- Caudal agua de lavado..... 36 m<sup>3</sup>/h
- .- Presión agua de lavado..... 60 m.c.a.
- .- Numero de boquillas de lavado..... 8
- .- Recogida descarga de residuos..... Bandeja  
descarga por gravedad.
- .- Peso aproximado.....11000 Kg.

#### CONDICIONES DE TRABAJO

- .- Capacidad de filtrado.....3.25 m<sup>3</sup>/s
- .- Ancho del canal..... 6100 mm aprox.
- .- Profundidad del canal..... 11110 mm
- .- Altura máxima del agua..... 9470 mm
- .- Altura mínima del agua..... 3680 mm

### 3.2 MATERIALES

#### - SECCION CABEZA:

Bastidor..... Acero al carbono  
 Coronas y cubos..... Acero al carbono  
 Dientes renovables..... Nylon  
 Eje..... Acero al carbono  
 Tubo de torsión..... Acero al carbono  
 Cojinetes..... Cabezas elevadoras  
 Tubería de lavado..... Acero galvanizado  
 Bandeja recogida de residuos... Acero AISI-304  
 Carcaza..... Fibra de vidrio.

#### .- ESTRUCTURA:

Base..... Acero al carbono  
 Guía cadena impulsión..... Acero galvanizado  
 Elementos de cierre..... Polietileno

#### .- PANELES FILTRANTES:

Bastidor..... Acero al carbono  
 Malla..... Acero AISI-304  
 Placas de cierre.....Acero al carbono.



### 3.3 CALCULO DE PARTES

#### 3.3.1 DIMENSIONAMIENTO GLOBAL DEL SISTEMA

Ubicaremos el sistema de cribas de acuerdo a las condiciones de espacio, según la figura 3.1 estará después de la reja de finos (aguas arriba) y antes del pozo de bombas (aguas abajo). Denominaremos a su ubicación como el pozo de cribas. En su parte superior sobre el piso de operación irá el cabezal de mando, a un lado estará la bomba de lavado que tomará el líquido desde el pozo de bombas ubicada aproximadamente 2 m de distancia. Al otro lado y a 2 m también estará la línea de alimentación de aire para el sistema de control. El panel de control irá sobre un pedestal en el piso de operación frente a la cribas a aproximadamente 1 m. El agua de lavado saldrá por un costado del cabezal de mando y descargará sobre una bandeja que descargará por un canal hasta el río mismo.

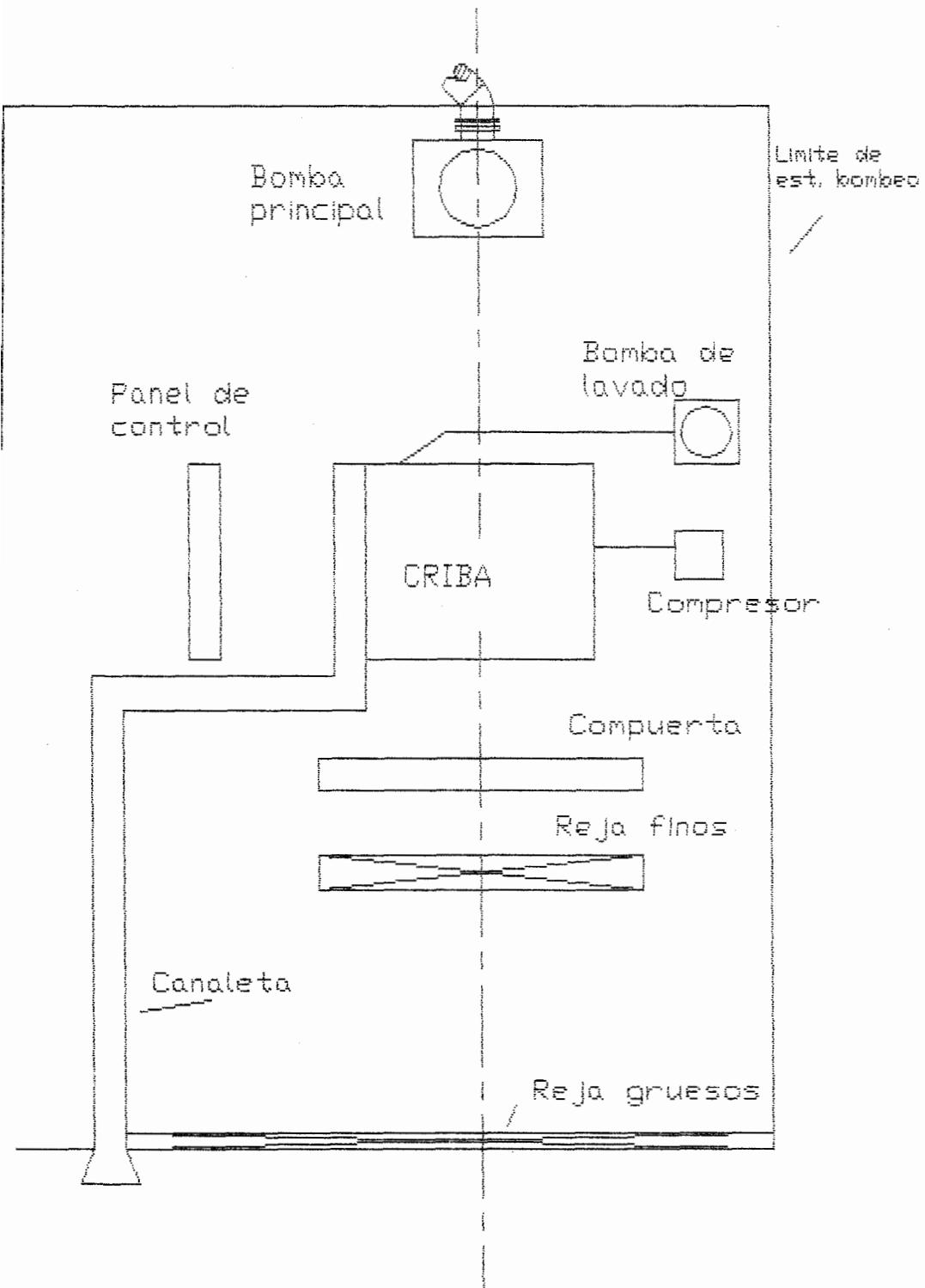


Fig. 3.1 (Ubicación de cribas en estación de bombeo).

#### DIMENSIONAMIENTO GLOBAL.

La figura 3.2 muestra globalmente el sistema donde se indican con letras cuales deben ser las dimensiones que se requieren dimensionar primero para poder continuar con el diseño de cada una de las partes del mismo. Estas dimensiones principales son:

- altura de la criba (H).
- distancia entre centros (DEC).
- diámetro del carrete superior (D).
- radio de la guía inferior ( $\rho$ ).
- ancho de la criba (A).
- profundidad de la criba (E).

Todas estas dimensiones dependen de las condiciones físicas del lugar y de los requerimientos técnicos. Esta información la tenemos de las especificaciones técnicas de la sección 2.2.

#### ANCHO DEL PANEL.

Para dimensionar el panel debemos recurrir a la experiencia de los fabricantes. La FMC Inc.(5)

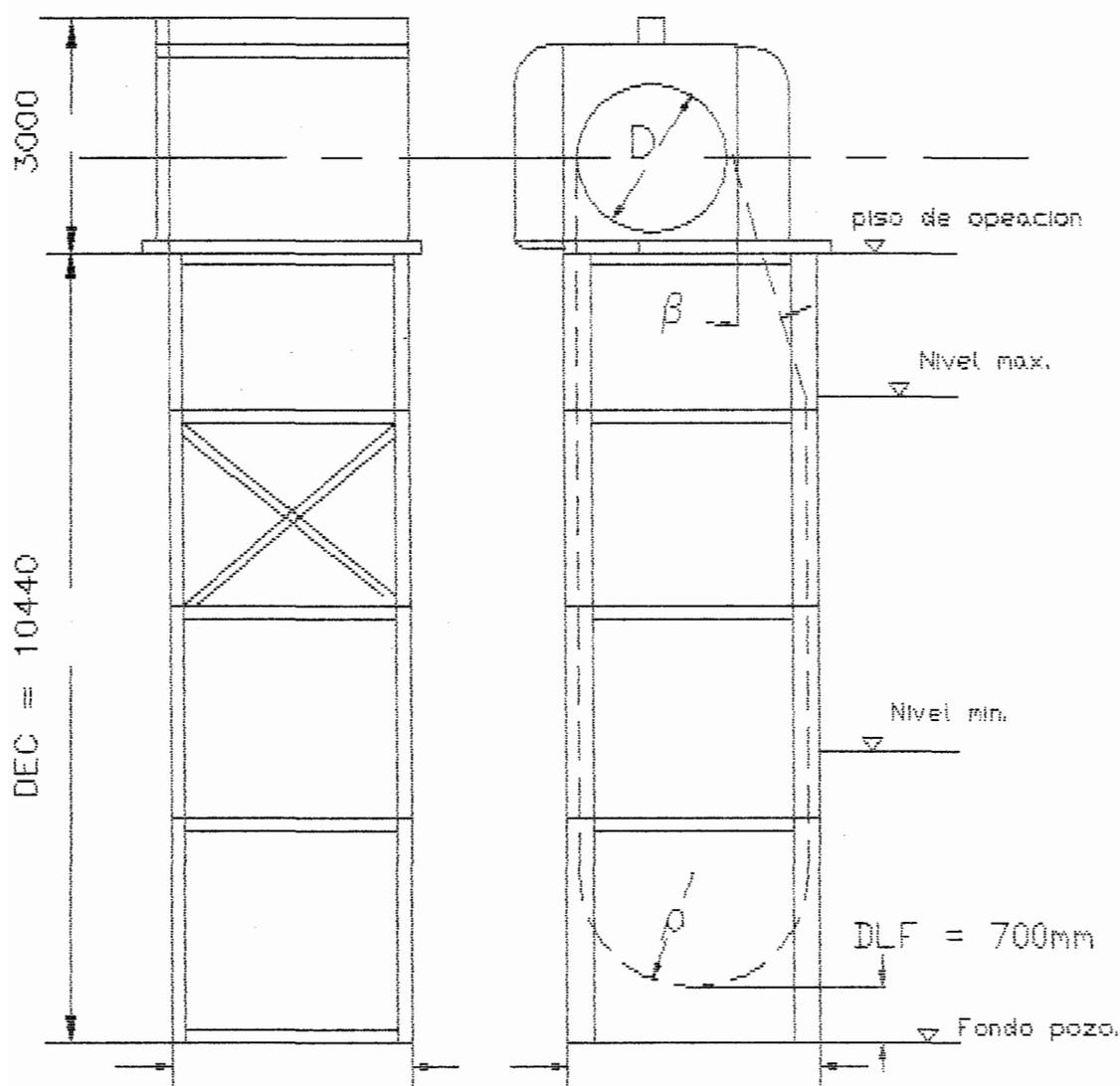


FIG. 3.2 (Esquema preliminar de la Criba)

tiene una fórmula aplicable para la que necesitamos como datos:

1) El volumen de agua a ser filtrada.

$Q$  (  $m^3/s$  ).

2) La velocidad del agua pasando por los paneles.  $V$  (m/s).

3) Las condiciones del lugar ( profundidad mínima y máxima ).

Aplicando la fórmula correspondiente a paneles de flujo dual:

$$W = Q / (740) (V) (LWD) (POA) + 0.125$$

donde:

$W$  = Ancho del panel (pies)

$Q$  = Caudal del agua (GPM)

$V$  = Velocidad (FPS)

$LWD$  = Profundidad mínima del agua (pies)

$POA$  = Porcentaje de área abierta.

El porcentaje de área abierta es:

$$POA = A.luz / A.total \quad (3.1)$$

donde:

$A.luz$  : es el área de la luz de malla

$A.total$ : es el área total de la malla.

Es decir:

$$A.\text{total} = (L + d)^2 \quad (3.2)$$

$$\text{Aluz} = L^2 \quad (3.3)$$

donde:

$L$ : luz de la malla; luz = 4 mm

$d$  : diámetro del alambre de la malla.

Escogemos un alambre de acero inoxidable

AISI-304 de diámetro:

$d = 1.6$  mm de acuerdo a la existencia en el mercado: malla #16 W&W;  $d = 1.6$  mm; luz = 4 mm.

Reemplazando estos valores en las fórmulas 3.1, 3.2 y 3.3 tenemos:

$$\text{POA} = 16/31.36$$

$$\text{POA} = 0.51$$

$$\text{POA}(\%) = 51\%$$

DATOS:

$$Q = 3.25 \text{ m}^3/\text{s} = 48750 \text{ GPM}$$

$$V = 0.6 \text{ m/s} = 1.9658 \text{ FPS}$$

$$\text{LWD} = 3.68\text{m} = 12.0735 \text{ Ft}$$

Reemplazando en la fórmula de la FMC, tenemos:

$$W = 48750 / (740) (1.97) (12.07) (0.51) + 0.125$$

$$W = 5.56 \text{ pies}$$

La FMC (5) recomienda usar siempre un valor superior. El ancho comercial superior es

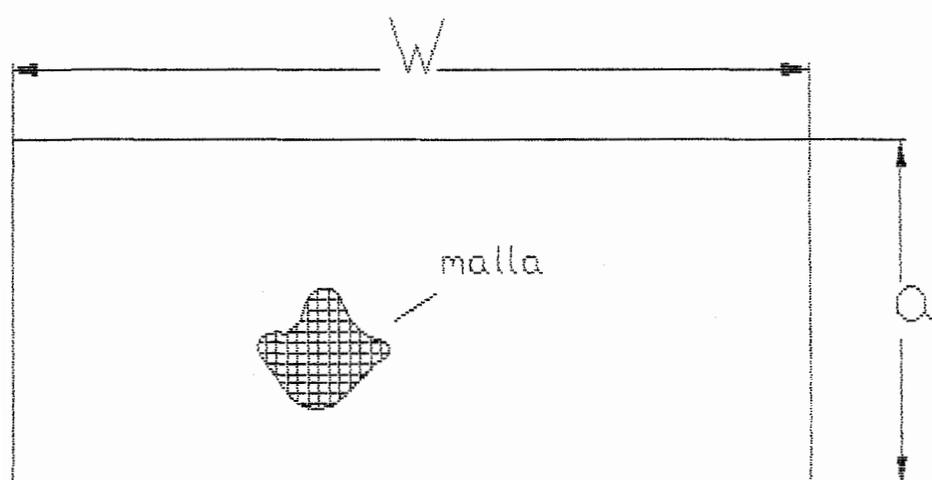
$W = 6 \text{ pies} = 1.83 \text{ m.}$  La altura del panel debe ser tal que su dimensión sea igual al paso de la cadena de elevación. Recurriendo a los catálogos comerciales encontramos que para los sistemas de cribas se utilizan cadenas de paso estandarizado. Del catálogo 88W-0 de la TSUBAKI (13) para cadenas de paneles de agua, el paso utilizado es:  $p = 0.61 \text{ m.}$  Por lo tanto el ancho del panel es de  $a = 0.61 \text{ m.}$  Ver figura 3.3.

#### ANCHO DE LA CRIBA (A).

El ancho de la criba debe ser mayor al ancho del panel pero de tal magnitud que permita el movimiento de la cadena de elevación. Esto es:  $A > 1830.$  Aproximadamente  $A = 2000 \text{ mm.}$

#### DIAMETRO DEL CARRETE SUPERIOR (D).

El valor de D es:  $D = p/\sin(180/N)$  donde N es el numero de dientes del carrete superior Ver fig. 3.2. Por ser la criba de operación lenta, escogemos  $N = 6$  dientes. Por lo tanto,  
 $D = 1220 \text{ mm.}$



$W$ : ancho del panel  
 $Q$ : altura del panel

FIG. 3.3 (Panel típico)

RADIO DE CURVATURA DE LA GUIA INFERIOR ( $\rho$ ).

Por facilidad de mantenimiento, se ha reemplazado el carrete inferior por una guía semicircular. Esta guía debe permitir el rodamiento fácil de los rodillos de la cadena de movimiento, por lo tanto su valor debe ser mayor al radio del carrete superior pero no tan grande para no ocupar mucho espacio, es decir:

$$610 < \rho < 1500$$

Escogemos  $\rho = 1067$  mm.

PROFUNDIDAD DE LA CRIBA (E).

El valor de E debe ser mayor al diámetro de la guía inferior. Aproximadamente  $E = 2500$  mm.

Para salvar la transición que ha de recorrer la cadena desde la guía inferior hasta el carrete superior, asumimos un ángulo de transición de

$$\alpha = 15^\circ$$

DISTANCIA ENTRE CENTROS (DEC).

De acuerdo al espacio disponible, se debe dejar tanto sobre el piso de operación así como en el fondo del pozo, espacios libres para poder dar

mantenimiento a las partes del sistema. Si dejamos 400 mm entre el carrete superior y 700 mm entre la guía inferior y el piso de operación, el valor de DEC es:

$$DEC = D/2 + 400 + (N.\text{piso oper.} - N.\text{f.pozo}) - 700 - \rho.$$

Esto es  $DEC = 10440$  mm aproximadamente.

ALTURA DE LA CRIBA (H).

Aproximadamente

$$H = (N.\text{piso operación} - N.\text{fondo pozo}) + 3000.$$

Esto es  $H = 13110$  mm aproximadamente.

### 3.3.2 CRITERIOS DE DISEÑO

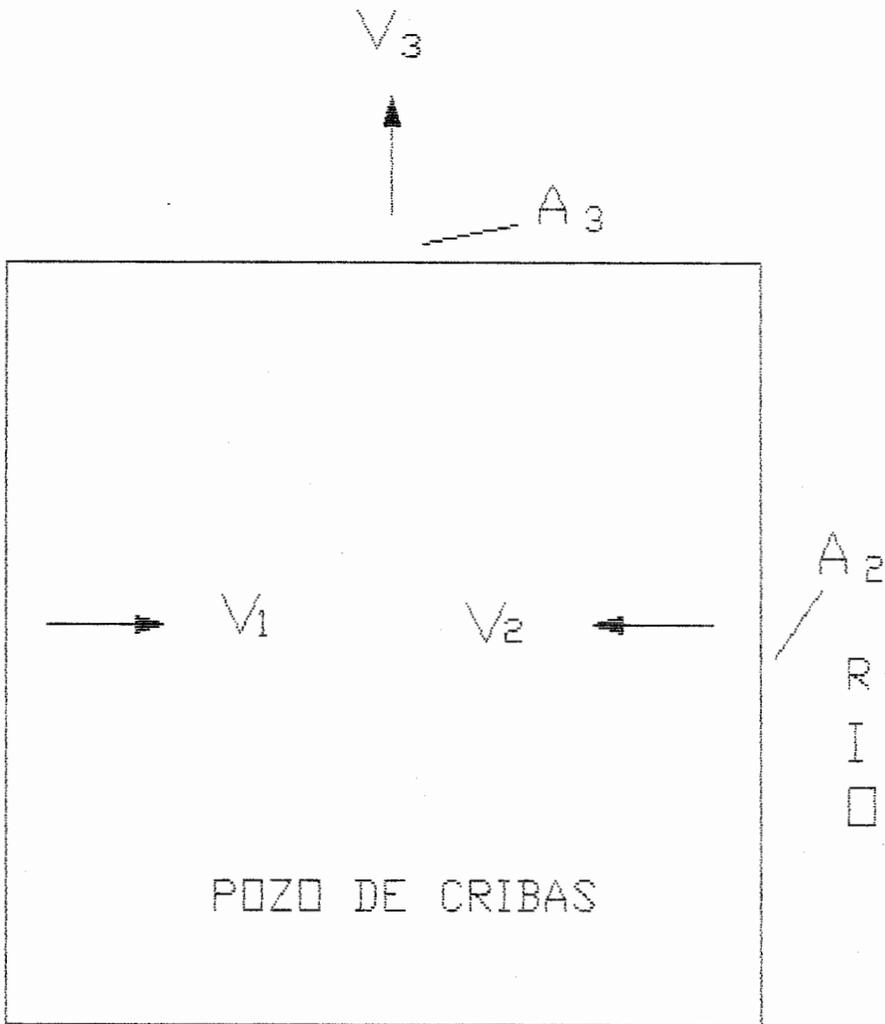
PARAMETROS DE DISEÑO.

Para diseñar y/o seleccionar correctamente cada una de las partes que componen el sistema de cribas debemos conocer los parámetros que nos darán el criterio apropiado de diseño.

Aplicando la mecánica de los fluidos al sistema, de acuerdo a la figura 3.4 donde:

$A_1$ : área de filtración del ramal izq. de la criba.

POZO DE BOMBAS



3.4 (Esquema de las areas de filtracion).

$A_2$ : área de filtración del ramal der. de la criba.

$A_3$ : área del boquete que da al pozo de bombas.

$V_1$ : velocidad del agua pasando por el ramal 1.

$V_2$ : velocidad del agua pasando por el ramal 2.

$V_3$ : velocidad del agua pasando por el boquete.

Por conservación de masa:

$$V_1A_1 + V_2A_2 = V_3A_3 = Q.$$

pero:  $V_1A_1 = V_2A_2 = VA.$

Entonces:  $2VA = Q$  o  $VA = Q/2.$

como el caudal  $Q$  es constante ( $Q = 3.25\text{m}^3/\text{s}$ ),

entonces:

$$A = Q/2V \quad (3.4)$$

A su vez, el área de filtración es:

$$A = (\text{POA}) \cdot h_1 \cdot W$$

donde:

$h_1$ : altura de filtración:  $h_1 = N.\text{agua} - \text{DLF}.$

POA: porcentaje de área abierta.

W: ancho del panel.

N.agua: nivel del agua.

DLF: distancia libre en el fondo.  $\text{DLF} = 700 \text{ mm}.$

El valor de POA varía desde  $\text{POA}_{\text{max}}$  cuando la malla esta limpia hasta  $\text{POA}_{\text{min}}$  cuando la malla esta saturada y es necesario limpiarla.

Para malla limpia,  $POA_{max} = 0.51$ . Asumimos que la malla está saturada cuando  $POA_{min} = 0.1$ , es decir el 10% de área filtrante. El valor de  $POA_{min}$  nos sirve para obtener el diámetro equivalente del alambre para una malla saturada. Aplicando las ec. 3.1, 3.2 y 3.3 obtenemos que  $d = 3.83$  mm. Esto es, el alambre de la malla es cubierto por la suciedad del agua. En la figura 3.5 se muestra un ramal de paneles sometido a las fuerzas externas provocadas por la carga de agua. Aplicando la ecuación de continuidad del movimiento(9) al volumen de control de la criba:

$$(F_1 - F_2) - F_d = \int v_p v dA \quad (3.5)$$

donde:

$F_1$ : fuerza superficial sobre el ramal provocada por la carga de agua del lado izq. del ramal (aguas arriba).

$F_2$ : fuerza superficial sobre el ramal provocada por la carga del agua dentro del ramal izq. (aguas abajo).

$F_d$ : fuerza de fricción provocada por el paso del agua por las mallas de los paneles.

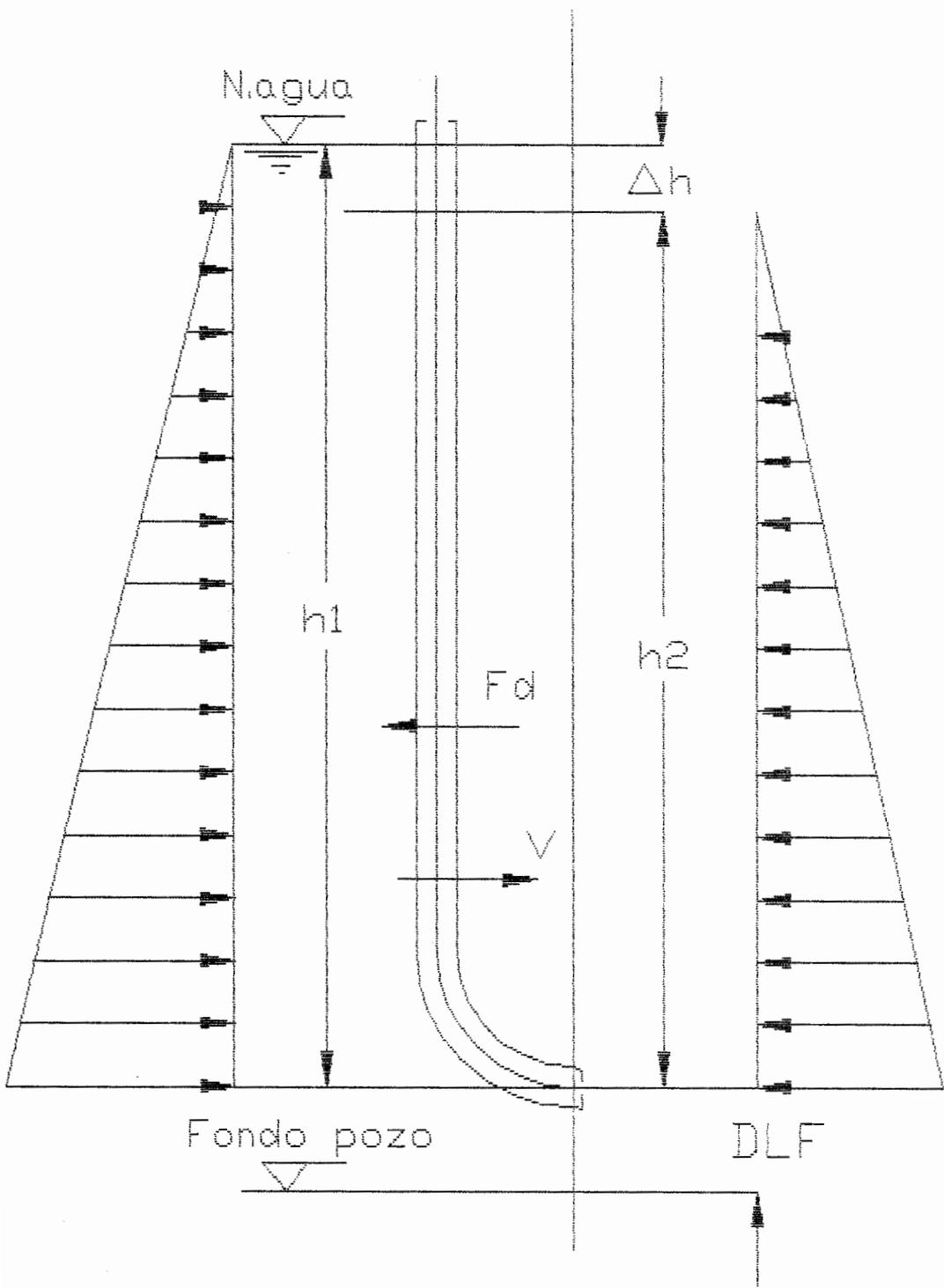


Fig. 3.5 (Ramal sometido a la carga del agua).

$\int v_p v dA$ : fuerza del agua después de pasar el ramal de paneles.

Además:

$$F_1 = 0.5 \rho g W h_1^2 \quad (3.6)$$

$$F_2 = 0.5 \rho g W h_2^2 \quad (3.7)$$

$$\int v_p v dA = \rho P O A W h_1 v^2 \quad (3.8)$$

Además:

$$h_1 = N. \text{agua} - DLF \quad (3.9)$$

$$h_2 = N. \text{agua} - DLF - \Delta h \quad (3.10)$$

donde:

$h_1$ : altura de filtración.

$h_2$ : altura de agua filtrada.

$\Delta h$ : pérdida de carga en metros de columna de agua.

El valor de  $\Delta h$  es variable entre:

$\Delta h_{\min}$  cuando empieza la filtración.

$\Delta h_{\max}$  cuando la malla esta saturada.

Revisando las ecuaciones 3.5 a 3.10 vemos que

$$\Delta h = f(F_1, F_d, \int v_p v dA).$$

El valor de  $F_d$  lo obtenemos aplicando el coeficiente de arrastre a la malla del panel.

En la figura 3.6 se representa una sección del alambre de la malla sometida al arrastre del agua. Las pérdidas de presión en la malla están dadas por la siguiente relación:

$$h_f = 0.5C_d v^2 \quad (3.11)$$

donde:

$C_d$ : coeficiente de arrastre.

$h_f$ : pérdida de presión por la fricción del agua.

Además  $C_d$  es función del número de Reynolds siendo:

$$Re = \rho v D / \mu.$$

donde:

$v$ : velocidad del agua.

$\rho$ : densidad del agua.

$D$ : diámetro del alambre de la malla.

$\mu$ : viscosidad dinámica del agua.

Los valores de  $C_d$  se obtienen de la figura 8-34 de Fox-McDonald (9) interpolando al correspondiente valor de  $Re$ .

Con los valores de  $h_f$  obtenemos:

$$F_d = h_f \cdot A_f \quad (3.12)$$

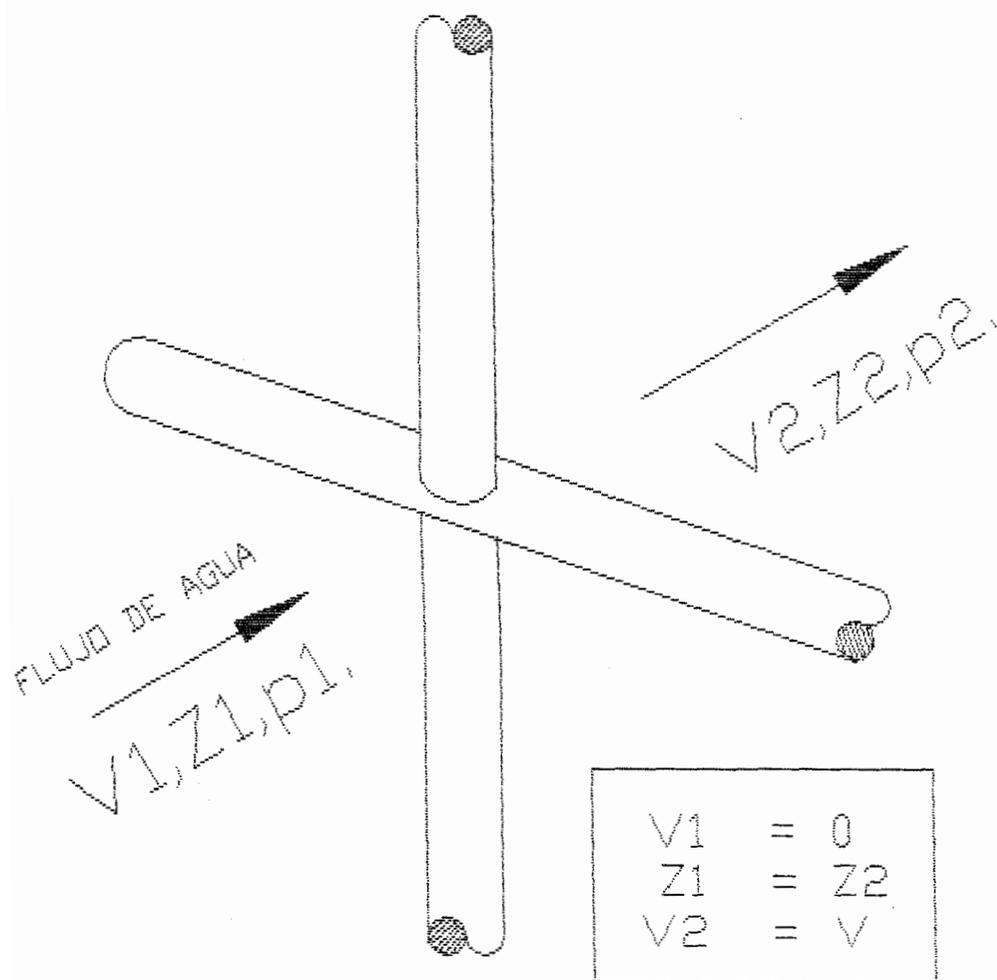


Fig. 3.6 (Esquema del Alambre de la Malla)

donde:

$A_f$  es el área de fricción, es decir el área que se opone al paso del agua, su valor esta dado por:

$$A_f = (1-POA)h_1.W \quad (3.13)$$

Aplicando las ecuaciones correspondientes, elaboramos la tabla IV donde podemos determinar como se comporta el sistema cuando está en operación y cuales serán los parámetros que influyen en el diseño y selección de las partes que lo componen. Esta tabla muestra los valores correspondientes a cada situación, cuyo análisis indica que:

- La mayor fuerza de arrastre se presenta cuando el río esta en su mínimo nivel y la malla esta saturada.
- La menor fuerza de arrastre se presenta cuando el río está en su máximo nivel y la malla esta limpia.
- La máxima perdida de carga es de 598 mm de columna de agua.

TABLA IV

Valores de los principales parametros de diseño.

| FILT | Nivel<br>(mm) | $h_1$<br>(mm) | POA  | A<br>(m <sup>2</sup> ) | V<br>(m/s) | $F_1$<br>(N) | $f_{vpvdA}$<br>(N) | $F_4$<br>(N) | $F_2$<br>(N) | $h_2$<br>(mm) | $\Delta h$<br>(mm) |
|------|---------------|---------------|------|------------------------|------------|--------------|--------------------|--------------|--------------|---------------|--------------------|
| INIC | 9470          | 8770          | 0.51 | 8.185                  | 0.199      | 690381.73    | 322.51             | 231.23       | 6898.28      | 8766          | 4.31               |
| INIC | 3680          | 2980          | 0.51 | 2.781                  | 0.584      | 79711.80     | 949.53             | 455.7        | 78306.6      | 2954          | 26.4               |
| PARA | 9470          | 8770          | 0.10 | 1.605                  | 1.0125     | 690381.73    | 1645.28            | 9625         | 679111.4     | 8698          | 72.0               |
| PARA | 3680          | 2980          | 0.10 | 0.545                  | 2.980      | 79711.803    | 4842.84            | 23972        | 50896.9      | 2381          | 598                |

$$DLE = 700 \text{ mm}$$

$$W = 1.83 \text{ m}$$

$$Q = 3.25 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$\rho = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

$$\mu = 10^{-3} \text{ Kg/m.s}$$

CRITERIOS DE DISEÑO PARA EL FACTOR DE SEGURIDAD  
Y METODO DE PROTECCION DE PARTES.

Para las partes del sistema se aplicarán los siguientes criterios de diseño:

1.- Para partes sometidas a cargas constantes:

MATERIALES DUCTILES, se aplica:

- Teoría de la distorsión. Obtención de los esfuerzos principales utilizando el círculo de Mohr.

2.- Para partes sometidas a cargas alternantes se aplicarán los criterios de falla por fatiga. Se utilizarán las ecuaciones y diagramas de Goodman modificado.

3.- NORMAS DE APLICACION

Para materiales: ASTM y SAE

Para reductor de velocidad: AGMA

Para motor: NEMA

4.- PROTECCION DE PARTES.

El diseño contempla protección de cada una de las partes del sistema de acuerdo a las especificaciones técnicas del equipo. Por lo tanto se escogerán los materiales más idóneos para cada uno de los elementos involucrados.

### 3.3.3 SISTEMA DE FILTRACION.

PANEL DE FILTRACION.

MARCO DEL PANEL.

El marco del panel, viene a ser la estructura que soporta la carga de presión de la columna de agua y a la fuerza originada por la cantidad de movimiento del fluido. El marco se diseñará para soportar la máxima carga de columna de agua que se da cuando la malla está saturada, es decir, no filtra adecuadamente. En estas condiciones, la pérdida de carga es la máxima admisible. Para diseñar el marco, debemos hacer las siguientes asunciones:

- 1) El agua pasa perpendicular a las mallas a la máxima velocidad admisible.
- 2) El panel crítico es el que se encuentra justo antes de la guía semicircular inferior
- 3) Cuando empieza la operación habrá agua en ambos lados del panel, la diferencia de alturas está dada por el valor de la pérdida máxima admisible. Esto es, se considera la profundidad la correspondiente al nivel mínimo del río y  $F_d = 23972 \text{ N}$ .

- 4) El agua del lado externo del panel se asume quieta, es decir, velocidad despreciable.

En la figura 3.7 se muestra el ramal de paneles sometido a las cargas de presión y de movimiento. En esta misma figura representamos al panel crítico ampliado en donde se observan las fuerzas que actúan sobre el, de la ecuación de continuidad de movimiento ( ec. 3.8):

$$\begin{aligned} \int v \rho v dA &= \rho v^2 (POA) aW \\ &= 1000 (1.44)^2 (0.10) (1.83) 0.61 \\ &= 991.32 \text{ N} \end{aligned}$$

De la figura 3.8, las fuerzas externas sobre la superficie de control son:

$$\begin{aligned} F_1 &= 0.5 \rho g W (h_1^2 - (h_1 - a)^2) \\ &= 18069 \text{ N.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_2 &= 0.5 \rho g W (h_2^2 - (h_2 - a)^2) \\ &= 11520.35 \text{ N.} \end{aligned}$$

$$F_1 - F_2 = 6548.64 \text{ N.}$$

Reemplazando los valores en la ecuación 3.5 y despejando  $F_d$ :

$$F_d = 6548.64 - 991.32 \text{ N}$$

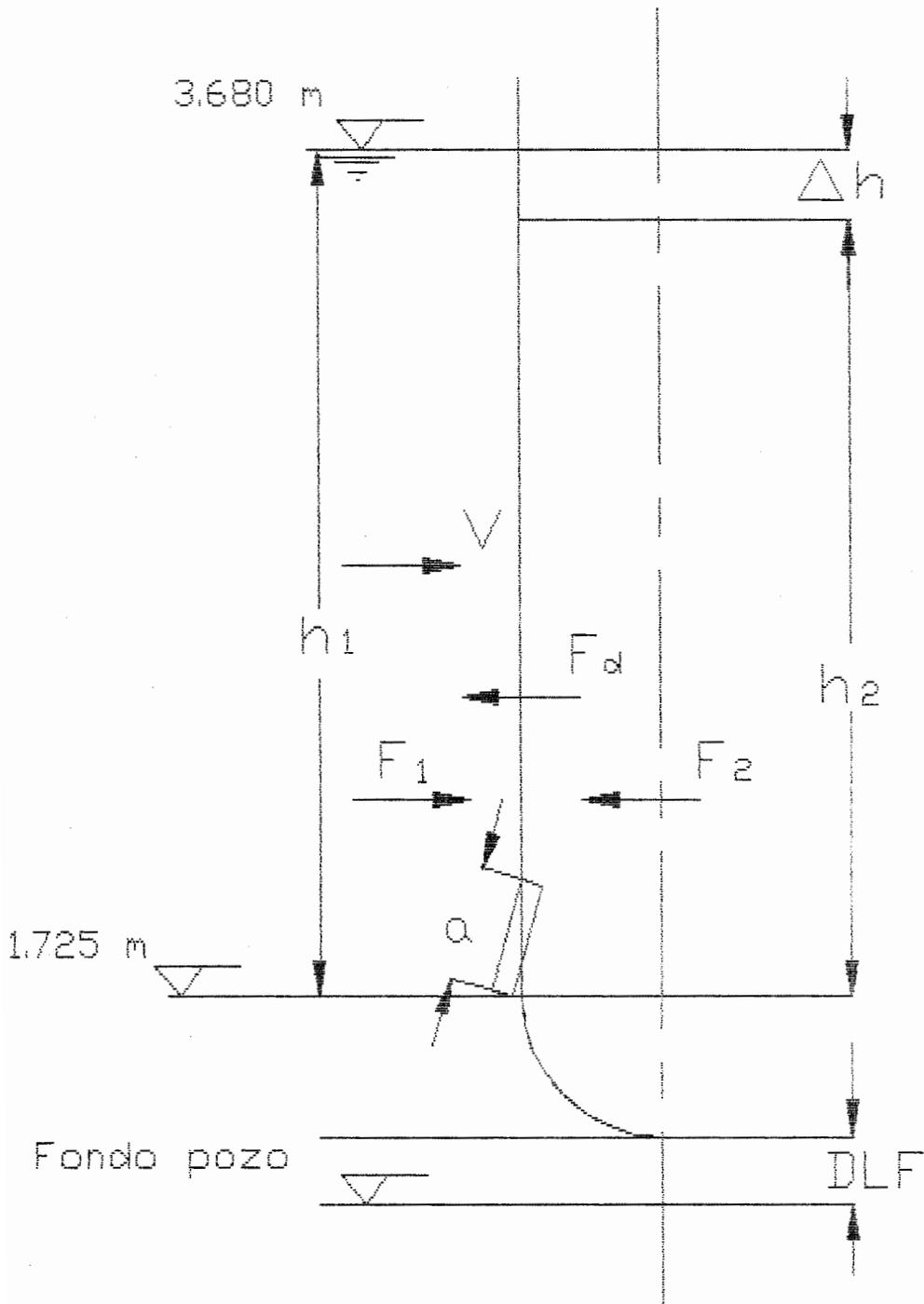


Fig. 3.7 (Esquema del panel crítico sometido a la carga del agua).

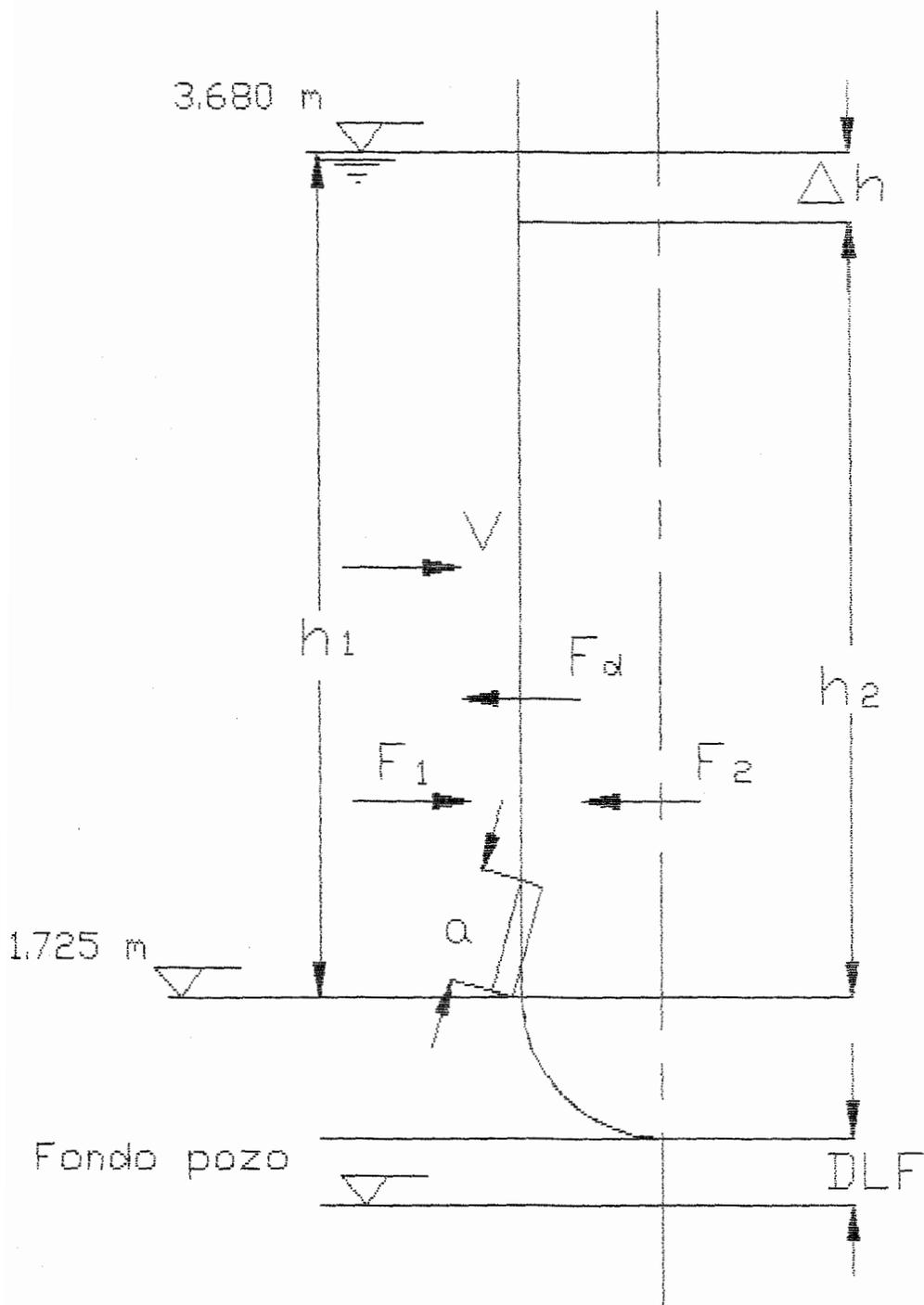
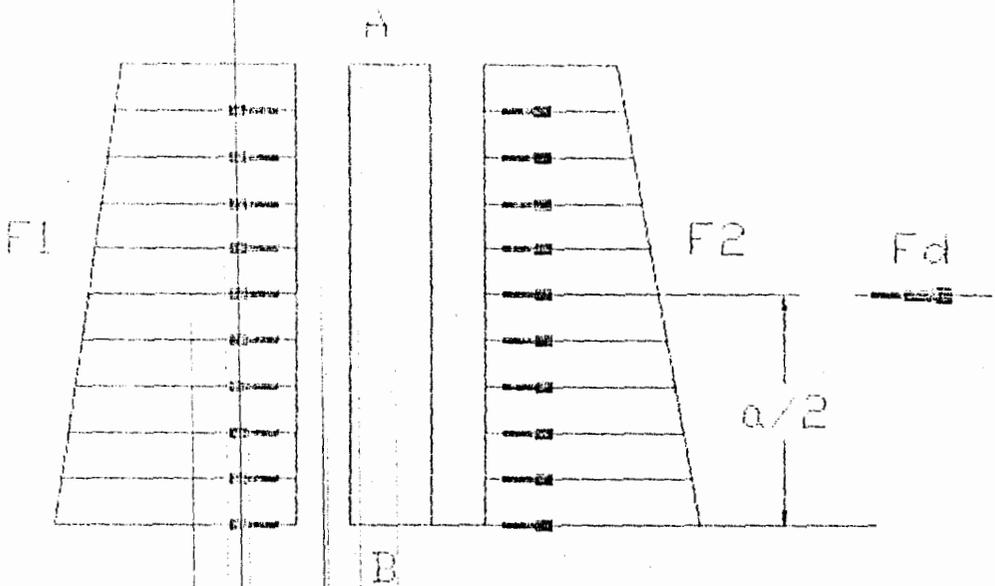
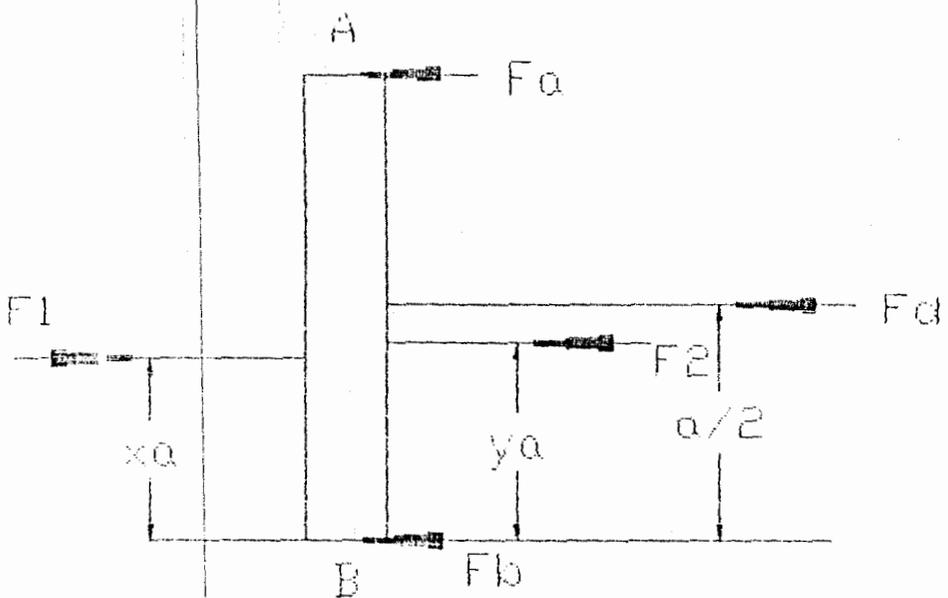


Fig. 3.7 (Esquema del panel crítico sometido a la carga del agua).



a) Panel sometido a la carga del agua



b) Aplicación de las fuerzas sobre el panel

Fig. 3.8 (Diagramas de cuerpo libre del panel).

$$F_d = 5557.32 \text{ N}$$

$F_d$  es la fuerza de arrastre del agua contra el panel más sumergido.

Pero esta fuerza es contrarrestada por el marco del panel tal como se aprecia en el diagrama de cuerpo libre de la Figura 3.9.

Del diagrama de cuerpo libre:

$$F_d = F_a + F_b \quad (3.14)$$

Para conocer el valor de cada una de estas fuerzas determinamos primero los puntos de aplicación de cada fuerza en el panel:

Para las fuerzas de presión:

$$y = \int y dF / \int dF \quad (3.15)$$

Aplicando las ecuaciones 3.6 y 3.7 para las fuerzas  $F_1$  y  $F_2$ :

$y_1 = 1669 \text{ mm}$ . Entonces el punto de aplicación de la fuerza es a 286 mm de la base del panel.

$y_2 = 1081.5 \text{ mm}$ . Entonces el punto de aplicación es a 275.5 mm de la base del panel.

El punto de aplicación de  $\int y p v dA$  es  $a/2$ .

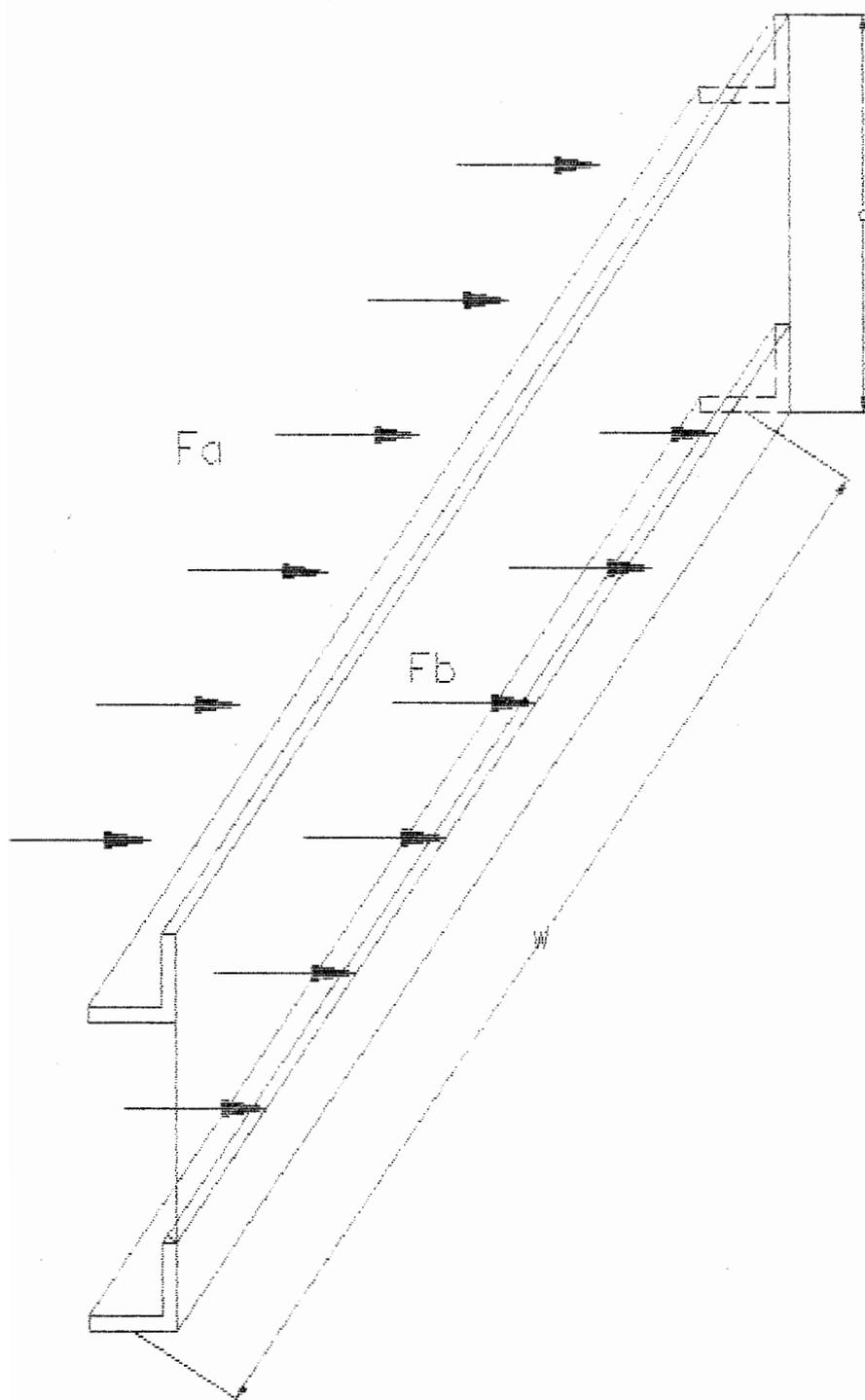


FIG. 3.9 (Carga sobre el marco del panel)

Por sumatoria de momentos alrededor de B:

$$\sum M_B = 0 \therefore$$

$$18069(0.3) - (11520.3)(0.4) - 991.32(0.3) - F_a(0.6) = 0$$

$$\Rightarrow F_a = 2773 \text{ N}$$

$$\Rightarrow F_b = 2784.32 \text{ N}$$

El perfil crítico es lógicamente el B. Este perfil se comporta como una viga simplemente apoyada. Según el esquema de análisis de la Fig.3.10 donde:

$$q = F_b/L = 1521.5 \text{ N/m.}$$

Resolviendo para la viga:

$$V_{\max} = 1392.16 \quad ; \quad x = 0$$

$$M_{\max} = 636.9 \text{ N.m} \quad ; \quad x = L/2$$

Diseñamos primero para carga estática. Para acero SAE 1010 CD.

$$S_y = 300 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\max} = M_{\max}/S, \text{ y } \sigma_{\max} \leq S_y$$

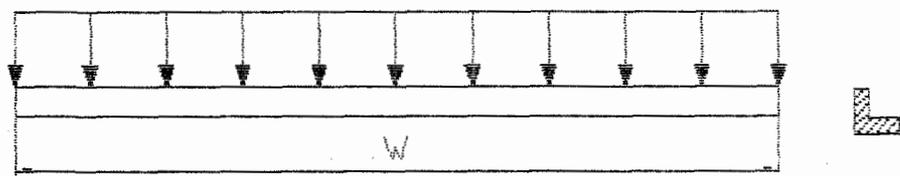
$$\Rightarrow S \geq M_{\max}/S_y, \text{ decir: } S \geq 0.354 \text{ cm}^3$$

Del catálogo de CIMPAC (10) para perfiles angulares escogemos perfil L 60x60x8 con

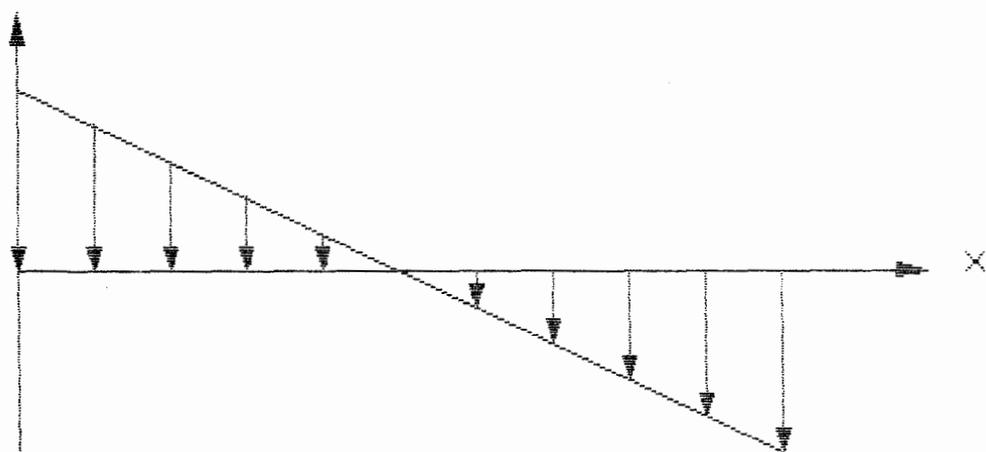
$$S = 6.85 \text{ cm}^3, \quad A = 8.55 \text{ cm}^2.$$

Con este perfil tenemos un factor de seguridad de:  $n = 3.22$ .

$$q = Fb/W = 1521.5 \text{ N/m}$$



$$V(N) = 1392.16$$



$$M(\text{N.m})$$

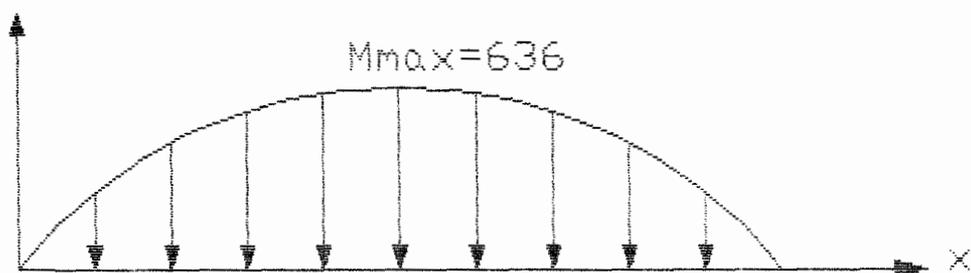


Fig. 3.10 (Esquema de analisis de la viga B)

Ahora aplicamos los criterios para la fatiga del material.

#### CONSIDERACIONES.

Diseñamos para vida infinita en el eventual caso en que el río tenga mucha basura y sea necesario accionar la cadena de impulsión constantemente. La carga es máxima cuando el panel está en el fondo del pozo, y mínima cuando el panel está fuera del agua.

Aplicando GOODMAN modificado:

$$\sigma_{\max} = 92.8 \text{ MPa (en el punto inf. ramal izq.)}$$

$$\sigma_{\min} = 0 \text{ (fuera del agua)}$$

Resolviendo para los esfuerzos principales:

$$\sigma_a = 46.4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m = 46.4 \text{ MPa}$$

De la tabla A-20 de SHIGLEY(11),

$$S_{ut} = 370 \text{ MPa}$$

De MISCHE:

$$S_e' = 0.504 S_{ut}$$

$$S_e' = 186.48 \text{ Mpa}$$

$$S_e = K_t S_e'$$

## FACTORES

1. FACTOR DE SUPERFICIE ( $K_a$ ).

De la tabla 7-4 de SHIGLEY(10) para acero CD

$$K_a = aS_{ut}^b$$

$$K_a = 0.941$$

2. FACTOR DE TAMAÑO ( $K_b$ ).

Ecuación 7.17 SHIGLEY:

$$A_{0.95\sigma} = 0.0766d^2$$

para el perfil:

$$A_{0.95\sigma} = (1-0.95)A = 0.05(8.55)$$

$$= 0.4275 \text{ cm}^2$$

entonces,  $d_e = 23.624 \text{ mm}$

$$K_b = (d_e/7.62)^{-0.1133}$$

$$K_b = 0.88$$

Los demás factores no afectan.

Por tanto:

$$S_e = 0.941 \cdot 0.88 \cdot 186.48 \text{ MPa}$$

$$S_e = 154.364 \text{ MPa.}$$

Utilizando las ecuaciones de GOODMAN

modificado:

$$n(\sigma_a/S_e + \sigma_m/S_{ut}) = 1$$

El factor de seguridad es:

$$n = 2.35$$

Por lo tanto, se garantiza que el perfil elegido trabajará sin problemas de fatiga.

Una vez dimensionado el marco apropiado, diseñaremos totalmente el panel. Para asegurar la malla al panel utilizamos planchuelas 40x4x610 mm en los laterales y tornillos M12x30. El conjunto del panel y su lista de materiales se presentan en el plano mecánico P-M-001.

### **3.3.4 SISTEMA DE IMPULSION**

#### **3.3.4.1 CADENAS DE MOVIMIENTO.**

Para seleccionar la cadena de movimiento aplicaremos el procedimiento empleado por la REXNORD (12).

Hay seis pasos básicos en la selección del tipo de cadena apropiado para una instalación de transportación.

I. Determinar el tipo de transportadora.

II. Estimar la carga máxima.

III. Determinar las cargas de trabajo.

IV. Hacer una selección tentativa de la cadena.

V. Hacer una selección tentativa de los accesorios de la cadena.

VI. Verificar la selección de la cadena y rechequear el diseño de la carga de trabajo.

Para la selección del tipo de elevadora hay tres consideraciones básicas.

- 1.- Material a ser elevado.
- 2.- Capacidad del elevador.
- 3.- Su distancia entre centros.

#### PASO I. TIPO DE CADENA ELEVADORA.

1.- MATERIAL A SER ELEVADO. El sistema se diseña para retener la basura del agua de tamaño inferior a 2 pulgadas.

Por tanto el material es variado y puede ser de acuerdo a la tabla B Pag C-124-125 de la : madera ( $30 \text{ lb/ft}^3$ ;  $\beta < 27^\circ$ ), piedras ( $100 \text{ /ft}^3$ ;  $\beta < 22^\circ$ ), animales de río tal como algas, camarones, pececillos ( $40 \text{ lb/ft}^3$ ;

$\beta < 20^\circ$ ), etc. Asumimos una densidad promedio de material arrastrado de: 55 lb/ft<sup>3</sup> y un ángulo de reposo  $\beta = 12^\circ$ . Para este tipo de carga, el tipo de elevador usado es de descarga continua.

2.- CAPACIDAD DEL ELEVADOR. De acuerdo a CLARK (2), las rejillas se utilizan para basura de tamaño menor a 2 pulgadas y pueden retener de 5% hasta el 20% de la basura del agua. Por condición de diseño, el sistema debe filtrar 3.25 m<sup>3</sup>/s de agua, es decir 1.625 m<sup>3</sup>/s cada ramal de la criba. Si asumimos que la basura presente en el agua es del 2%, entonces la capacidad del elevador para funcionamiento continuo será:

$$\text{Cap} = 0.2(0.02)(1.625) \times 3600 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Cap} = 23.4 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Cap} = 826.36 \text{ ft}^3/\text{h}$$

Si la capacidad de cada panel está dada por:

- El área del panel ( $A_p$ ).
- Tamaño máximo del grano ( $t$ ).

Entonces la capacidad de cada panel es:

$$\text{cap} = 1.83(0.61)(2*25.4 \times 10^{-3})$$

$$\text{cap} = 0.057 \text{ m}^3$$

$$\text{cap} = 2 \text{ ft}^3$$

3.- DISTANCIA ENTRE CENTROS. La distancia entre centros es :

$$\text{DEC} = 10440 \text{ mm (34.252 ft)}.$$

PASO II. ESTIMACION DE LA CARGA MAXIMA.

En la fig. 3.11 representamos la cadena de impulsión sometida a las cargas conocidas. En esta figura apreciamos que los eslabones A en el ramal izquierdo y el B en el derecho son los que soportan la mayor carga. Por la orientación de los paneles, deducimos que el eslabón crítico es el A y las cargas que soporta son:

- La mitad del peso total de paneles y eslabones incluido.

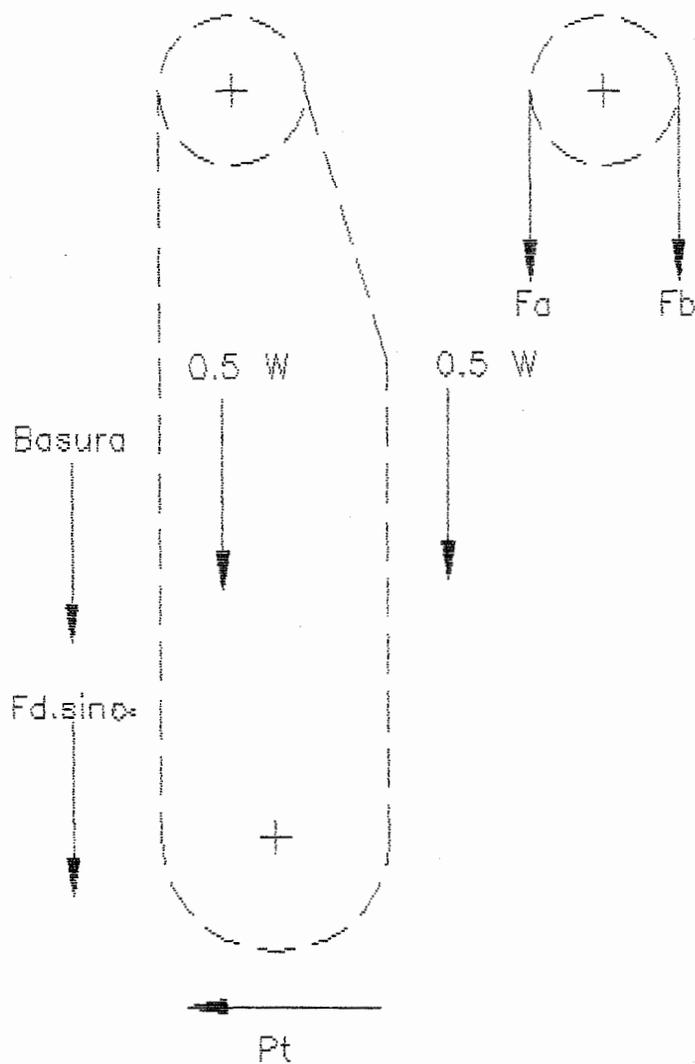


Fig. 3.11 (Esquema de cadena elevacion sometido a las cargas)

- La carga de la basura arrastrada.
- La componente vertical de la fuerza de arrastre del agua sobre los paneles ( $F_y$ ). Para la determinación de la fuerza de arrastre hacemos las mismas asunciones que empleamos en el diseño del marco del panel.

Como primera aproximación, asumimos despreciable el peso propio de los eslabones ( $P_e$ ) correspondientes a la mitad de paneles.

Por tanto, las fórmulas aplicables son:

Para el eslabón A:

$$P_a = 0.5 P_t + F_y + MDK + DEC * M + 0.5W$$

Para el eslabón B:

$$P_b = 0.5P_t + F_y + 0.5W$$

Donde:

$P_t$  : es la toma de fuerza. Asumimos

$$P_t = 0$$

$F_y$  : es la componente vertical de la fuerza de arrastre del agua.

$M$  : es el peso del material manejado por metro de cadena.

D : es el diámetro de paso del carrete superior,  $D = 1220$  mm.

K : es el factor de elevación. Para elev. cont.  $K = 6$ .

DEC: es la distancia entre centros.

W : es el peso total de la cadena y paneles.

PESO DE CADENA Y PANELES (W):

El peso de paneles y cadena es:

$$0.5W = n*w$$

donde:

n: cantidad de paneles que soporta el eslabón A.

w: peso de cada conjunto panel-eslabón.

CANTIDAD TOTAL DE PANELES (CTP).

Como hemos hecho el paso de la cadena igual a la altura del panel, entonces la cantidad total de paneles será igual a la longitud (L) de la cadena dividida para la altura del panel. En la figura 3.12 se muestra el recorrido de la cadena de elevación, asumiendo las

dimensiones de acuerdo al espacio físico disponible. La longitud de la cadena es:

$$L = DEC + y + H + \pi p + \pi D/2$$

Los valores de H y Y se los obtiene por la trigonometría de la figura 3.12.

Reemplazando en la ecuación 12:

$$L = 10440 + 7028 + 3531 + \pi(1067) + \pi(1220)/2$$

$$L = 26267 \text{ mm}$$

Dividiendo para la altura del panel:

$$\begin{aligned} CTP &= L/a \\ &= 26267/610 \\ &= 43.06 \end{aligned}$$

Seleccionamos CTP = 43 paneles.

LONGITUD DE CADENA.

La longitud nominal de la cadena es:

$$\begin{aligned} L &= CTP \cdot a \\ L &= 43(610) \text{ mm} \\ L &= 26230 \text{ mm.} \end{aligned}$$

$$n = 43/2 = 21.5 \text{ paneles}$$

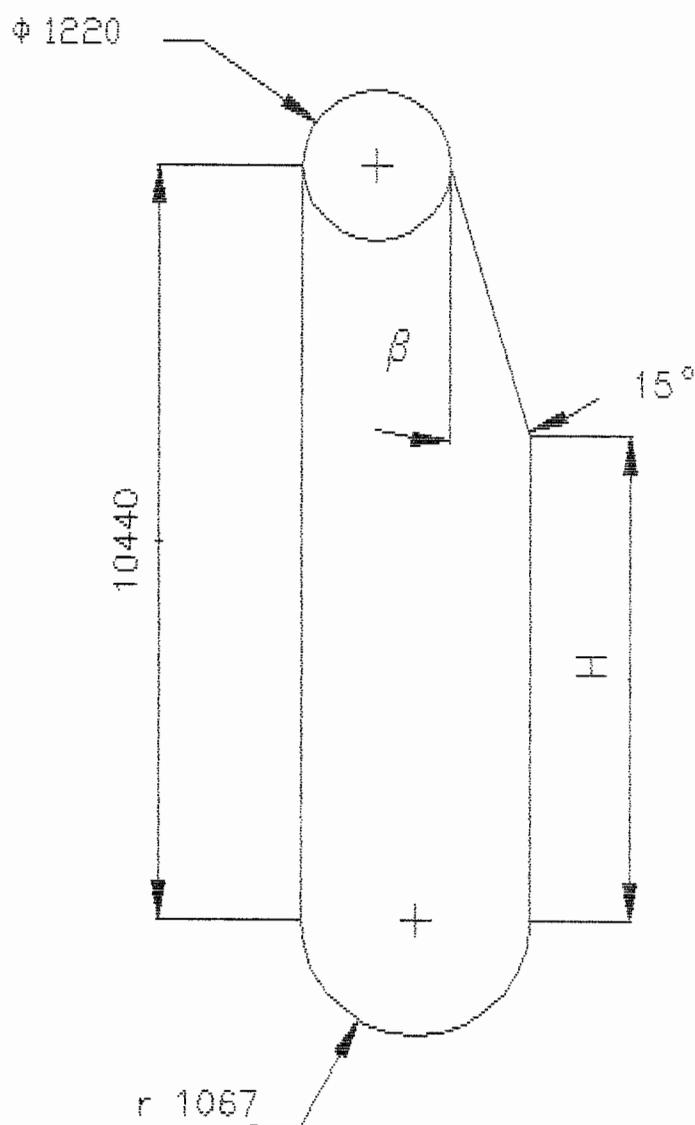


Fig. 3.12 (Esquema de recorrido de la cadena de elevacion)

Entonces como primera aproximación  
(sin tomar en cuenta el peso del  
eslabón):

Del plano P-M-001 obtenemos que:

$$0.5W = 0.5(2367.322) \text{ Kg}$$

$$0.5W = 1183.661 \text{ Kg (2604.05 lb).}$$

COMPONENTE VERTICAL DE LA FUERZA DE  
ARRASTRE DEL AGUA ( $F_y$ ):

La fuerza de arrastre que soporta un  
panel típico se transmite a los  
eslabones de la cadena por los puntos  
de unión A y B tal como lo muestra la  
fig. 3.13 la fuerza de arrastre en todo  
el ramal de paneles de acuerdo a la  
tabla IV es  $F_d = 23972 \text{ N}$ .

La componente vertical de  $F_d$  es:

$$F_y = F_d \cdot \sin 12$$

$$F_y = 1117.73 \text{ lb}$$

PESO DEL MATERIAL ELEVADO (M):

$$M = \rho \cdot \text{cap}/p \quad [\text{N/m}]$$

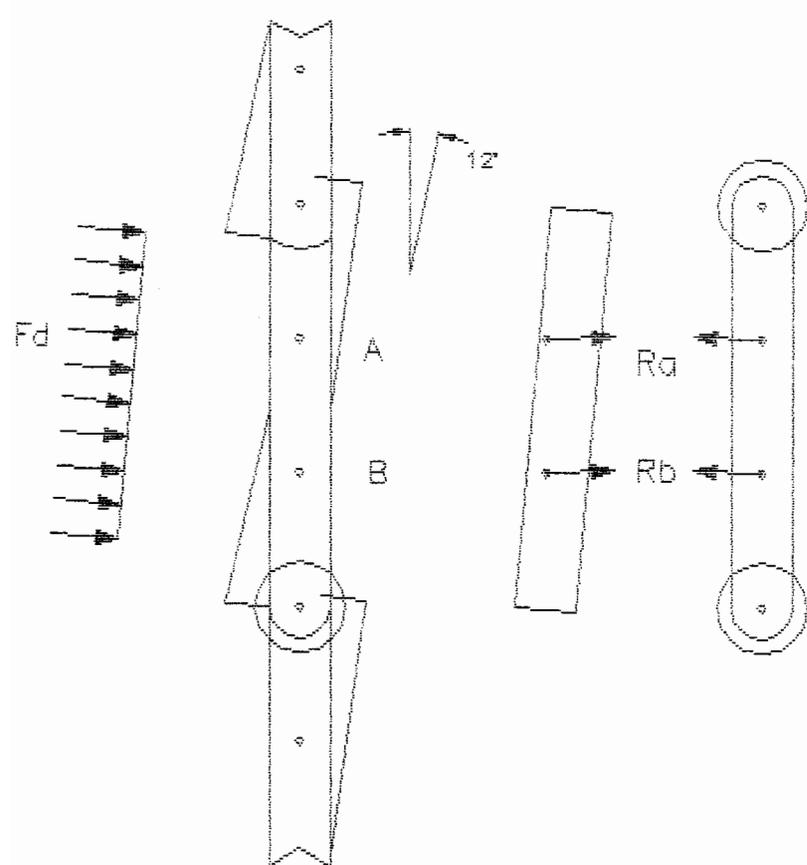


Fig. 3.13 (Esquema del eslabon).

Donde:

$\rho$ : es la densidad promedio del material

$$\rho = 55 \text{ lb/ft}^3.$$

cap : es la capacidad del panel

$$\text{cap} = 2 \text{ ft}^3.$$

p : es el paso de la cadena

$$p = 2 \text{ ft.}$$

$$M = 55(2/2)$$

$$M = 55 \text{ lb/ft}$$

Entonces:

$$\text{DEC} * M = 34.252(55) \text{ lb}$$

$$\text{DEC} * M = 1883.86 \text{ lb}$$

Reemplazando los valores obtenidos en

Pa:

$$Pa = (117.73 + 55(4)6 + 1883.86 + 2604.05) \text{ lb}$$

$$Pa = 6925.64 \text{ lb} ; Pb = 3721.78 \text{ lb.}$$

### PASO III. ESTIMACION DE LAS CARGAS DE TRABAJO.

El valor de Pa calculado para cargas estáticas debe ser modificado para que resista la fatiga. Se aplica la siguiente fórmula:

$$Paf = Pa.Fserv.Fs.(1.2)/Ncad$$

donde:

Paf : es la carga estimada para resistir la fatiga.

Pa : es la carga estimada para resistir cargas estáticas.

Fserv: es el factor de servicio.

Fs : es el factor de velocidad.

Ncad : es el número de cadenas.

FACTOR DE SERVICIO. El sistema se diseña para trabajar 24 h/día x 365 día/año. De la pag. C-105 Rexnord (12), Fserv = 1.4 (para carga que varia poco y con aprox. 5 arranques/día).

FACTOR DE VELOCIDAD. Depende de:

- paso de cadena.
- número de dientes de tambor motriz.
- velocidad de la cadena.

El paso es 2 ft. El número de dientes es 6. La cantidad de cadenas es 2. La velocidad de la cadena v es 32.81 ft/min (10m/min). De la pag. C-105

Rexnord (12),  $F_s = 1.4$  para cadenas de acero soldado.

Reemplazando en Paf:

Paf = 8144.55 lb

#### PASO IV. SELECCION TENTATIVA DE CADENA.

Se requiere una cadena de elevación de rodillos con las siguientes características:

Carga de trabajo: 3702.07 Kg

Capacidad de carga: 13.15 TPH a 10m/min

Paso de cadena : 610 mm (24")

Distancia entre centros: 10440 mm

Velocidad : 5-10 m/min (14-33 ft/min)

Material de placas o barras laterales:

Acero al carbono

Material de separadores: Acero al carbono.

Material de rodillos: Nylon

Material de buje de rodillos: Acero al carbono con recubrimiento NO METALICO.

Además, que tenga larga vida. El medio de trabajo es altamente corrosivo y abrasivo. Del catálogo de la Rexnord

se selecciona una cadena de acero de 24" de paso, serie CL3243BAB ( No. ANSI 24-24-2 ). Del cat. de la TSUBAKI Co(13) seleccionamos una cadena WAC 15041-A.

#### PASO V. SELECCION TENTATIVA DE LOS ACCESORIOS DE LA CADENA.

Los accesorios necesarios son los que unen a cadena al panel. La cadena WAC 15041-A viene con los accesorios adecuados para unión cadena-eslabón.

#### VI. RECHEQUEO Y SELECCION DEFINITIVA.

La cadena WAC tiene una carga de 19.4 Kg/m, la que al añadirla a la carga máxima nos da: Carga máx.:

4300.5 Kg. La cadena seleccionada puede resistir hasta 4400 Kg. Por lo tanto la elección es correcta. Por lo tanto, los valores de Pa y Pb incluyendo el peso de los eslabones son:

Pa = 8045.136 lb (3656.9 Kg).

$$P_b = 4841.276 \text{ lb (2200.6 Kg)}.$$

POTENCIA (HP).

La potencia del sistema viene dada por la formula:

$$HP = 1.15v(MDK + DEC * M) / 33000$$

$$HP = 1.15(32.81)(55(4)6 + 1883.86) / 33000$$

$$HP = 3.67 \text{ hp}.$$

HOJA DE DATOS.

Paso de los eslabones : 610 mm

Diámetro de rodillos : 102 mm

Ancho de rodillos: 36 mm

Material de placas o barras laterales:

Acero al carbono

Material de separadores: Acero al carbono.

Material de rodillos: Nylon

Material de buje de rodillos: Acero al carbono con recubrimiento NO METALICO.

Material pernos: Acero inoxidable.

### 3.3.4.2 CARRETES DE CADENA.

Necesitamos un carrete superior que tenga las siguientes características:

Número de dientes : 6.

Paso de cadena : 610 mm.

Diámetro de carrete: 1220 mm.

Material: Eje de mando: Acero al  
carbono.

Ruedas de cadena: Acero al  
carbono.

Superficies de desgaste:

Dientes de nylon.

#### EJE DE MANDO.

El diseño del eje de mando depende de las cargas que debe soportar. Asumimos que las cargas a soportar son:

Cargas estáticas:  $P_a$ ,  $P_b$  y los pesos del carrete y catalina.

Cargas dinámicas: La fuerza radial sobre el eje provocada por la de cadena de transmisión ( $P_m$ ) y el torque de movimiento ( $T_m$ ) provocada por el motor

eléctrico y transmitida al eje por medio de la catalina.

Pa y Pb son los obtenidos para la cadena de movimiento agregando el peso de eslabones. Es decir:

$$Pa = 3656.9 \text{ Kg (8045.136 lb)}$$

$$Pb = 2200.6 \text{ Kg (4841.276 lb)}$$

Asumimos peso del carrete de 600 Kg y el de la catalina de la cadena de transmisión de 100 Kg.

El valor de Pm y Tm los obtenemos del valor de HP de los calculos de la cadena de movimiento:

$$P_m = k(33000HP/V);$$

donde k: es el factor de tensión de la cadena de la pág. D-43 de (12) para transmisión por cadena;  $k = 1.0$  .

$$HP = 3.67 \text{ hp; } V = 32.81 \text{ ft/min.}$$

$$P_m = 1677.8 \text{ Kg (3961.25 lb)}$$

$$T_m = 63000 \text{ HP/RPM; RPM} = 2.61 \text{ rpm}$$

$$T_m = 1022.77 \text{ Kg.m (88586.2 lb.in)}$$

Las cargas  $P_a$  y  $P_b$  están dirigidas ambas hacia abajo y por lo tanto la carga resultante es:

$$P_r = P_a + P_b$$

$$P_r = 5857.5 \text{ Kg}$$

Como son dos cadenas, entonces las cargas se distribuyen en sus puntos de apoyo tal como lo muestra :

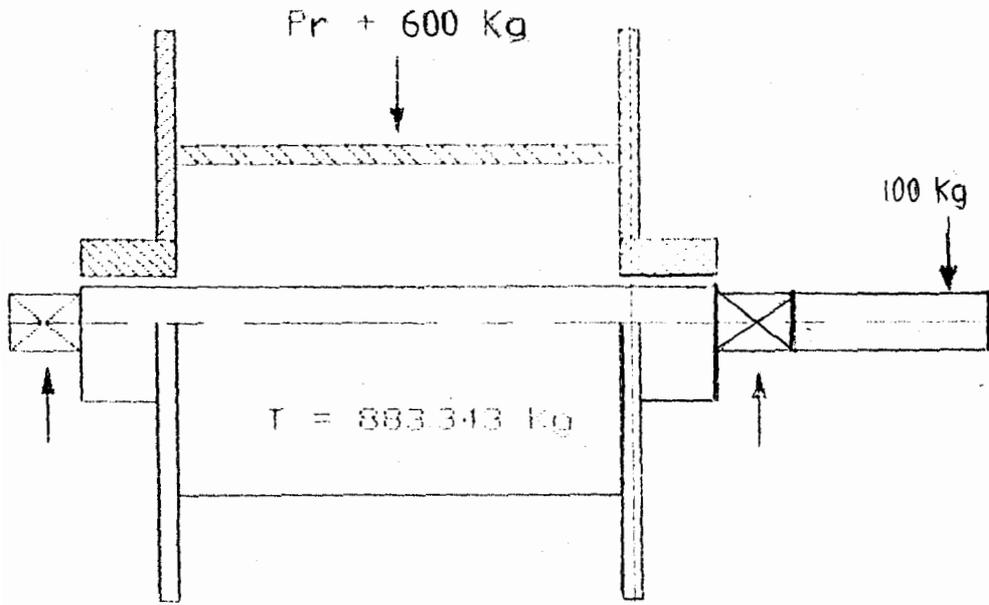
La fig. 3.14.. Determinamos las reacciones en F y en I las cuales se muestran en la fig. 3.15. Como primera aproximación, asumimos un eje de 125 mm de diámetro de acero SAE 1045

( $S_{ut} = 630 \text{ MPa}$ ,  $S_y = 530 \text{ MPa}$ ) , que es sometido a cortante por torsión y carga. El punto crítico es justo en H y las cargas máximas son de acuerdo a la figura 3.15:

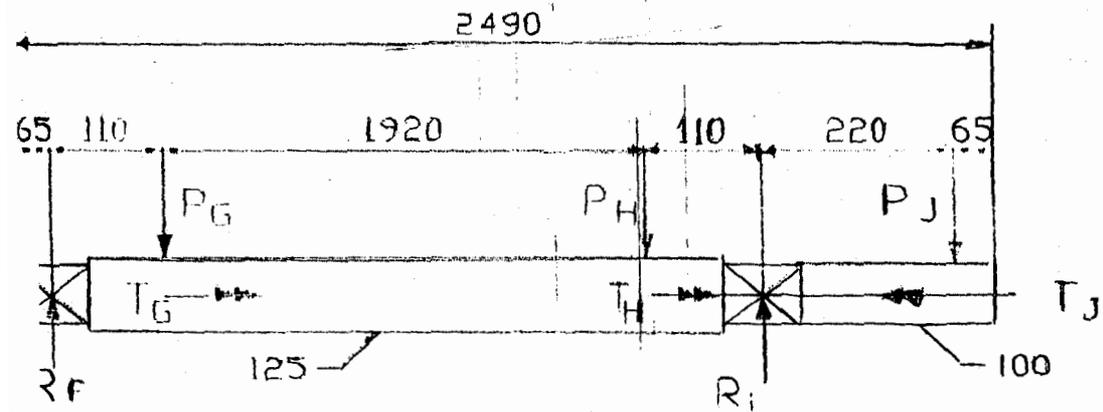
$$V_{max} = - 3125 \text{ Kg.}$$

$$M_{max} = 749.15 \text{ Kg.m}$$

$$T_{max} = - 1022.77 \text{ Kg.m}$$



a) Conjunto eje-carrete.



b) Diagrama de cuerpo libre del eje.

Fig. 3.14 (Eje de mando y carrete)

Aplicando las ecuaciones para esfuerzo combinado:

$$\tau^v = V/A = 2.5 \text{ MPa}$$

$$\tau^T = 16T/\pi d^3 = 26.16 \text{ MPa}$$

$$\sigma^M = 32M/\pi d^3 = 38.33 \text{ MPa}$$

$$\tau^v + \tau^T = 28.66 \text{ MPa}$$

Por círculo de Mohr:

$$\tau_{\max} = 34.48 \text{ MPa}$$

Resolviendo para  $\tau_{\text{adm}} = 265 \text{ MPa}$

Nos da un factor de seguridad de

$$n = 7.7$$

Por fatiga, el eje soporta el efecto esfuerzos por flexión alternante mientras el esfuerzo por torsión y cortante el mismo. Es decir:

$$\sigma_{x,a} = 38.33 \text{ Mpa}; \sigma_{x,m} = 0$$

$$\tau_{x,a} = 0; \tau_{x,m} = 28.66 \text{ MPa}$$

Para acero SAE 1045 CD,  $S_{ut} = 630 \text{ Mpa}$

y  $S_y = 530 \text{ MPa}$

$$s'e = 0.504(630) = 317.52 \text{ MPa}$$

FACTORES.

$$k_a = 4.51(630^{-0.265}) = 0.817$$

$$k_b = 0.70$$

$$k_c = 0.577$$

Los demás factores se asumen igual a la unidad.

$$S_e = 0.817(0.7)(0.577)317.52$$

$$S_e = 104.78 \text{ MPa}$$

Aplicando Von Mises:

$$\sigma_a = 38.33 \text{ Mpa}; \tau_m = 28.66 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m = \sqrt{3} * \tau_m = 49.64 \text{ Mpa}$$

Aplicando Goodman:

$$n(\sigma_a/S_e + \sigma_m/S_{ut}) = 1$$

Entonces:  $n = 2.25$ . Por lo tanto la elección del diámetro es adecuada.

DIAMETRO DEL EJE EN LOS APOYOS.

De los diagramas de V, M y T de la figura 3.15 apreciamos que la parte

$$P_G = 3228.75 \text{ Kg}$$

$$P_H = 3228.75 \text{ Kg}$$

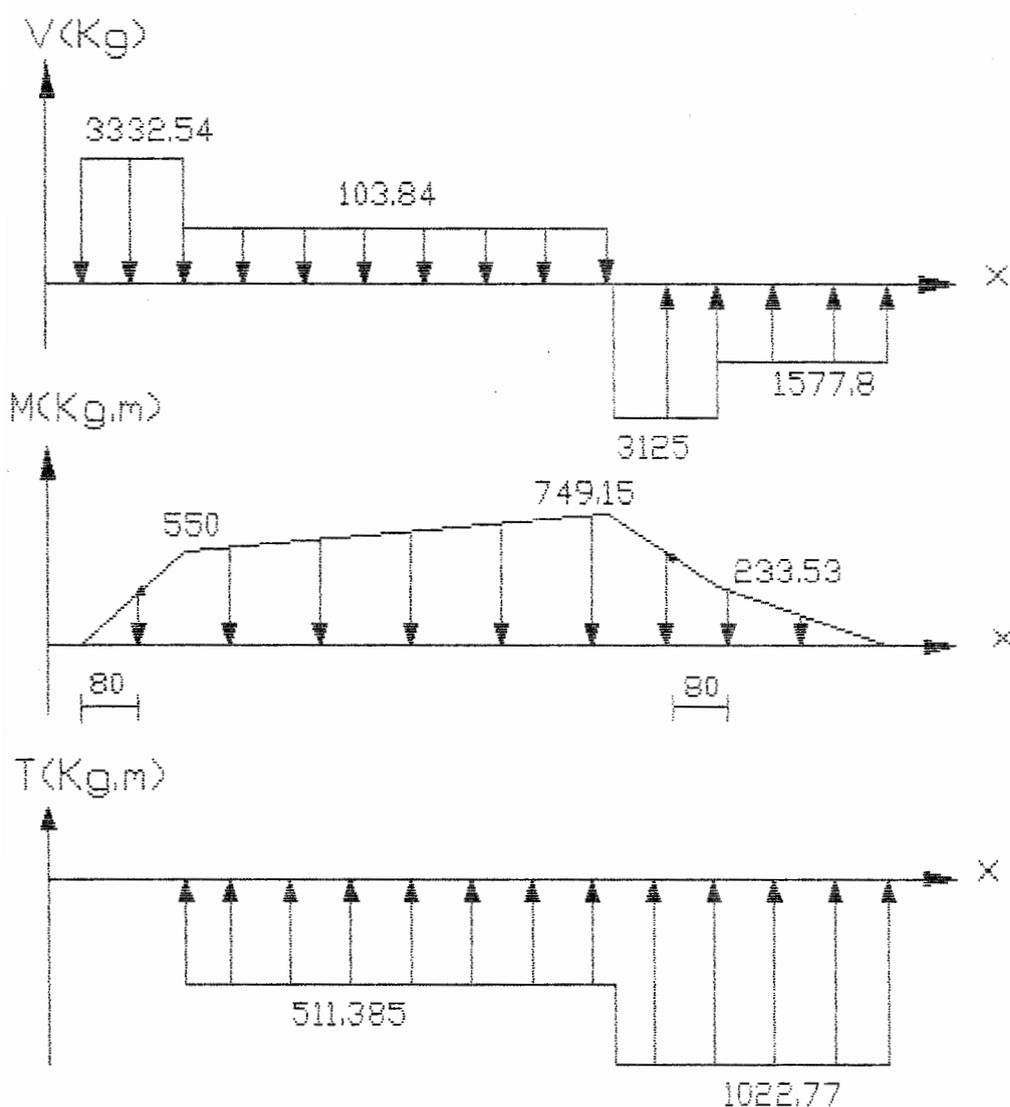
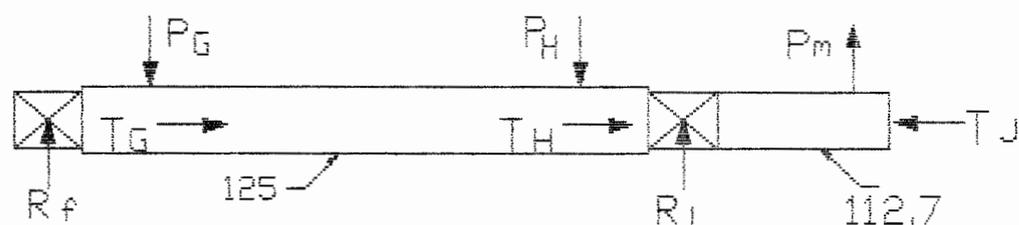


Fig. 3.15 (Análisis sobre el eje de mando).

critica va desde I hasta J. Asumiendo un diámetro menor en los apoyos igual a 112.7 mm, calculamos para un punto ubicado a 80 mm de I en el tramo H-I:

$$\tau^v = V/A = 3.07 \text{ MPa}$$

$$\tau^T = 16T/\pi d^3 = 35.70 \text{ MPa}$$

$$\sigma^M = 32M/\pi d^3 = 33.75 \text{ MPa}$$

$$\tau^v + \tau^T = 38.77 \text{ MPa}$$

Por circulo de Mohr:  $\tau_{\max} = 42.3 \text{ MPa}$

Resolviendo para  $\tau_{\text{adm}} = 265 \text{ Mpa}$

Nos da un factor de seguridad de

$$n = 6.27$$

Por fatiga, el eje soporta el efecto esfuerzos por flexión alternante mientras el esfuerzo por torsión y cortante el mismo. Es decir:

$$\sigma_{x,a} = 34.75 \text{ Mpa}; \sigma_{x,m} = 0$$

$$\tau_{x,a} = 0; \tau_{x,m} = 38.77 \text{ MPa}$$

La disminución en el diámetro en el eje desde 125 mm a 112.7 mm ocasiona un aumento en el esfuerzo por flexión.

De la figura A-15-9 de Shigley, para:

$$R/d = 6.15/112.7 = 0.054$$

$$D/d = 125/112.7 = 1.11$$

$$K_t = 1.8$$

$$K_f = 1 + q(K_t - 1)$$

De la figura 5-16 de Shigley  $q = 1$ .

$$K_f = 1.8$$

$$\sigma_a = K_f \cdot \sigma_{xa}$$

$$\sigma_a = 62.55 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_m = \sqrt{3} \cdot \tau_m = 67.15 \text{ Mpa}$$

Aplicando Goodman:

$$n(\sigma_a/S_e + \sigma_m/S_{ut}) = 1$$

Entonces  $n = 1.42$ . Pero como el material usado es dúctil, se puede despreciar el efecto de la disminución de diámetros. Por lo tanto la elección del diámetro en los apoyos es correcta.

## VELOCIDAD DEL EJE.

$v$ : 5 - 10 m/min

$$N = v/2\pi r$$

$N$ : 1.3 - 2.6 RPM

El eje de mando se muestra con todas sus dimensiones en el plano P-M-002.

## CARRETE SUPERIOR DE CADENA

El carrete de la cadena está sometido a torsión básicamente y por lo tanto su diseño se centra en este tipo de esfuerzo. Para solucionar la carga de torque, el diseño involucra la inclusión de un tubo de torsión que absorbe el torque producido por la cadena de movimiento y lo transmite por igual a las catalinas y por estas al eje de mando. Normalmente el carrete se selecciona junto con la cadena de elevación, pero no existen en el mercado nacional, por lo tanto diseñaremos el carrete.

DATOS.

Números de dientes: 6

Diámetro de paso: 1220 mm

Diámetro del eje de mando: 125 mm

Longitud del carrete:  $W +$  ancho de eslabón de cadena = 1920 mm.

Las cargas  $P_a$  y  $P_b$  están dirigidas ambas hacia abajo y por lo tanto la carga resultante es:

$$P_r = P_a + P_b$$

$$P_r = 5857.5 \text{ Kg}$$

Estas cargas provocan un torque:

$$T = (P_a - P_b) (1.22/2)$$

$$T = 888.343 \text{ Kg.m}$$

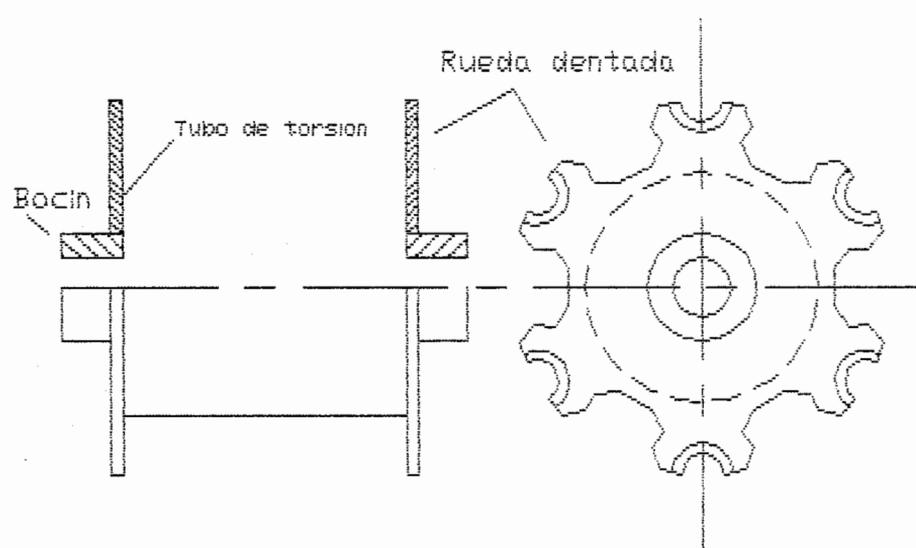
Carga máxima: 5857.5 Kg.

La figura 3.16 muestra un esquema del carrete de la cadena de movimiento.

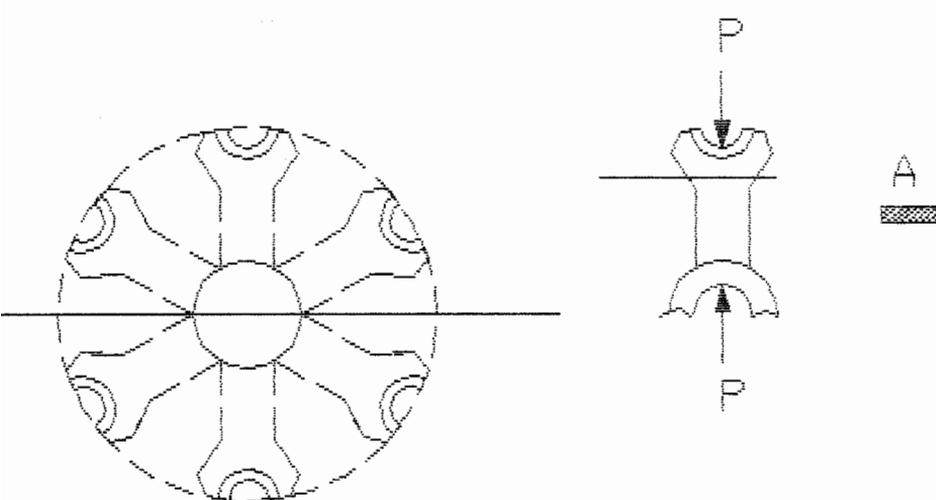
BOCINES.

Del cat. de la Rexnord(12) pag C-60 para:

$d = 125 \text{ mm}$  ( $4^{15}/16''$ );  $T = 888.343 \text{ Kg.m}$   
(77000 lb-in). Seleccionamos dos



a) Carrete de cadena



b) Analisis de fuerzas sobre el carrete

Fig. 3.16 (Esquema del carrete de la cadena de elevacion).

bocines REX TIPO P con tornillo de sujeción. Además 2 chavetas de  $1-1/4 \times 1-1/4 \times 4$  in en acero AISI-304.

#### ESPESOR DE RUEDA.

Para la fabricación de la rueda se utilizara plancha de acero SAE 1010 de  $e = 20$  mm que satisface las condiciones por compresión. De la figura 3.16 asumimos que la rueda esta formada por 6 brazos unidos por medio de los bocines por lo tanto, el área transversal de cada brazo es:

$$A = (20/6)\pi d ; d = \text{diámetro del bocin}$$

$$es = 185 \text{ mm}$$

$$A = 1937 \text{ mm}^2$$

Si la máxima carga es:

$$P/2 = 2928.75 \text{ Kg}$$

Entonces:

$$\sigma_c = 14.83 \text{ Mpa}$$

lo que nos da  $n = 20$ .

Además, la rueda va reforzada con placas triangulares soldadas al tubo de torsión.

#### DISEÑO DEL CHAVETERO

Como utilizaremos chavetas cuadrada de acero AISI-304 de 1 1/4" (31.75 mm), éstas serán de 100 mm de longitud.

Para tal caso, tenemos que el eje gira a 2.61 RPM y transmite una potencia de 3.67 hp. aplicando las ecuaciones del momento de rotación (T) utilizada en Shigley (11) .

$$T = 63000(H)/n = 63000(3.67)/2.61$$

$$T = 1022.77 \text{ kg.m}$$

La fuerza en la superficie del eje es

$$F = T/r = 18150 \text{ Kg}$$

Por la teoría del cortante máximo, la resistencia al cortante es  $S_{sy} = 0.5S_y$

$$S_y = 276 \text{ MPa} \Rightarrow S_{sy} = 138 \text{ MPa}$$

El esfuerzo cortante :

$$\tau = F/Ac = 18150 * 9.81 / 3.175 \times 10^{-3}$$

$$= 56.1 \text{ MPa}$$

$$\text{Entonces } n = S_{sy}/\tau = 2.46$$

Por aplastamiento

$$\sigma_a = F/A_a ; A_a = l \cdot a/2$$

$$= 18150 \cdot 9.81 / 1.5875 \times 10^{-3} = 112.16 \text{ MPa}$$

$$\Rightarrow n = S_{sy}/\sigma_a = 2.46$$

Por lo tanto las dimensiones de la  
chaveta son las adecuadas.

TUBO DE TORSION.

Utilizaremos una cañería  $\phi$  300 mm tipo  
ASTM 53 Gr B,  $S_y = 20.7 \text{ Kg/mm}^2$  de  
acuerdo a la existencia en el mercado  
( DN = 300; Dext= 323.8 mm; e= 12 mm).

Por torsión:

De la fig 3.15  $T = 511.385 \text{ kg-m}$  ;

$D = 323.8 \text{ mm}$ ,  $d = 300 \text{ mm}$

$S_{sy} = 101.53 \text{ Mpa}$ .

$$\tau^T = 16TD/\pi(D^4 - d^4) = 8.83 \text{ Mpa}$$

entonces  $n = S_{sy} / \tau^T = 11.5$ .

## DIENTES.

Se utilizarán dientes renovables de nylon para cadena tipo CL3243BAB.

## UNION.

Las partes del carrete se unirán mediante cordón continuo( fig. 3.17) de soldadura y se utilizaran electrodos norma AWS E6011, AGA(14), propiedades:  $S_{ut} = 470-510 \text{ Mpa}$ ;  $S_y = 345 \text{ MPa}$ .

## TIPO DE CORDON.

- Entre la rueda y el tubo de torsión: tipo filete todo alrededor.
- Entre la rueda y los bocines: tipo filete a ambos lados.

Asumimos que el carrete esta sometido a solo torsión (despreciamos peso propio del carrete y asumimos que la carga de eslabones la absorbe el eje de mando):

$$\tau = T.r/J$$

$$J = J_{G1} + J_{G2} + J_{G3}; \quad J_{G1} = J_{G2}$$

$$J = 2J_{G1} + J_{G3}$$

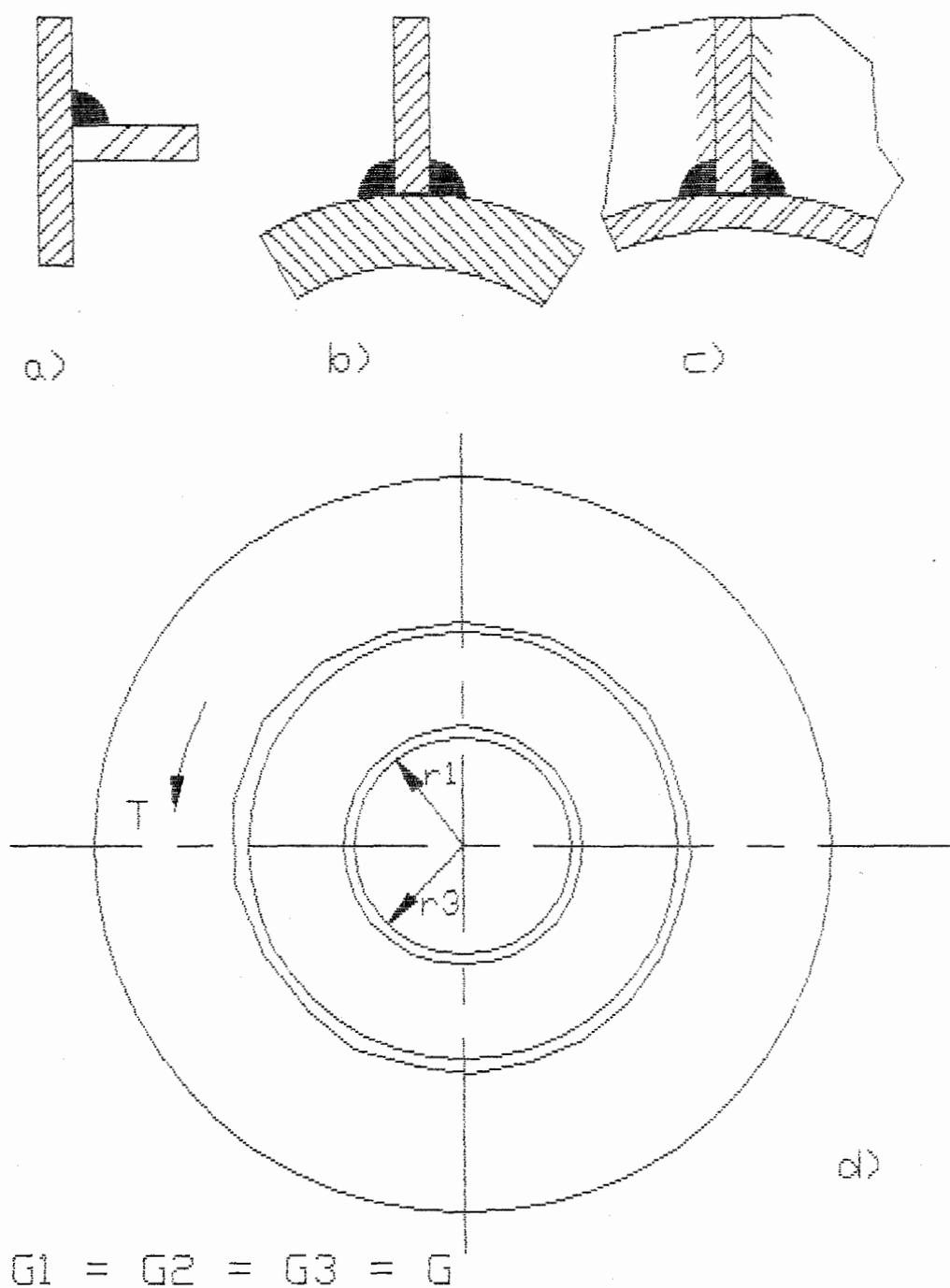


Fig 3.17 a) Union rueda y tubo torsion  
 b) Union rueda y bocin  
 c) Union rueda, tubo y placas.  
 d) Esquema de soldadura.

$$J = 0.707h(2J_{v1} + J_{v3}); \quad J_v = 2\pi r^3$$

$$J = 1.414\pi h(2r_1^3 + r_3^3)$$

Datos:

$$T = 888.343 \text{ Kg.m}$$

$$r_1 = r.\text{ext.bocin} = 92.5 \text{ mm}$$

$$r_3 = r.\text{ext.tubo torsión} = 161.9 \text{ mm}$$

Asumimos  $h = 6 \text{ mm}$ . Calculando:

$$J = 1.553 \times 10^{-4} \text{ m}^4$$

El esfuerzo es máximo para la unión entre el tubo y la rueda:

$$\tau = T.r/J$$

$$\tau = 9.1 \text{ Mpa}$$

Esto nos da  $n = 15.2$ .

Por fatiga:

$$S'e = 0.504(470) = 237.32 \text{ MPa}$$

FACTORES.

$$k_a = 272(470^{-0.995}) = 0.5968$$

$$k_b = 0.70; \text{ asumimos } d_e = d_{\text{cordon}} > 51 \text{ mm}$$

$$k_c = 0.577$$

$$K_e = 1/K_f$$

$K_f$  lo obtenemos de la tabla 9-6 de Shigley:

$$K_f = 1.5 \Rightarrow K_e = 0.667.$$

$$S_e = 0.5968(0.7)(0.577)(0.667)(237.32)$$

$$S_e = 38.156 \text{ Mpa}$$

Aplicando Goodman:

$$n = S_e S_{su} / (\tau_a S_{su} + \tau_m S_e)$$

$$n = 3.74$$

Por lo tanto, el cordón debe ser de 6 mm de altura. En el plano P-M-002 se presenta el carrete con todas sus dimensiones.

#### RODAMIENTOS DEL EJE DE MANDO.

Los rodamientos utilizados para el eje de mando deben tener una vida útil de 40000 h, de acuerdo a la especificación técnica, descrita en la sección 2.2

Además, es necesario que el sistema tenga un dispositivo para mantener siempre tensa la cadena. Estos dispositivos se conocen en el mercado como Cabezas elevadoras. Para su selección tomamos como datos los obtenidos en el diseño del eje de

mando. Del análisis del eje de mando  
(fig. 3.15):

$$R_f = 3332.54 \text{ Kg (73331.6 lb)}$$

$$R_t = 1547.16 \text{ Kg (3403.75 lb)}$$

El apoyo crítico es el F. De la tabla  
en la pag. D-51 Rexnord, seleccionamos  
para: 2.61 RPM;  $d = 4\frac{7}{16}$  in;

$$L_{-10} = 40000\text{h:}$$

Un cabezal de elevación ZGT12-5407Y-10  
serie 5000 cuyo rango es:

$(1-0.15)19560 = 16626$  lb que es  
superior a la carga máxima soportada  
por el apoyo (7331.6 lb). Utilizando la  
formula para  $L_{10}$  y el nomograma de la  
pag. D-53 para  $100^\circ\text{F}$ , el tiempo de vida  
útil es:  $L_{10a} = 32.8 \times 10^6$  horas.

#### **HOJA DE DATOS.**

Eje de mando:

Diámetro: 125 mm

Longitud: 2550 mm

Espesor: Macizo.

Material: Acero al carbono.

Ruedas de cadena:

Diámetro: 1220 mm

Material: Acero al carbono.

Material superficies de desgaste:

Dientes de nylon

#### 3.3.4.3 GUIAS DE LAS CADENAS DE MOVIMIENTO

GUIA SEMICIRCULAR INFERIOR DE CADENA.

En la parte inferior se ha reemplazado el carrete por una guía semicircular para reducir el coste de mantenimiento. Dicha guía debe resistir de acuerdo a la figura 3.18:

- La mitad de la fuerza  $F_b$  del panel crítico que es transmitida al eslabón directamente.
- La fuerza motriz ( $F_m$ ) transmitida de eslabón a eslabón en el sentido del movimiento de la cadena.

De los cálculos para el panel y cadena de movimiento:

$$0.5F_b = 0.5(2784.32)N$$

$$0.5F_b = 1392.16 N$$

$$F_m = P_a - P_b$$

$$F_m = (3656.9 - 2200.6)9.81 N$$

$$F_m = 14286.3 N$$

De la figura 3.18, calculamos la resultante máxima justo cuando el eslabón esta tomando la curva. Por trigonometría:

$$F_r = 0.5F_b + F_m \cos \beta; \quad \begin{matrix} F_m \cos \alpha & ; & \alpha = 73.4^\circ \\ & & \beta = 73.4^\circ \end{matrix}$$

$$F_r = 5473.6 N.$$

Ya que la guía es una superficie de rodadura, asumimos que es una viga de longitud igual al paso del eslabón y apoyada en sus extremos. Para la carga en la mitad de la viga:

$$M_{\max} = Pl/4 = 834.724 N.m$$

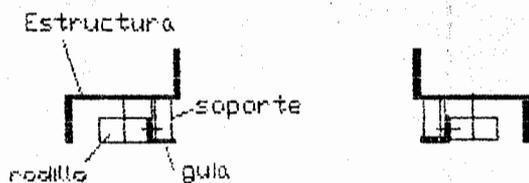
$$V_{\max} = 0.5F_r = 2736.8 N$$

Asumimos perfil L60x60x8 mm

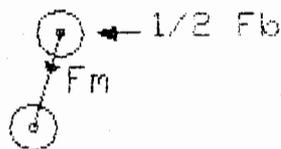
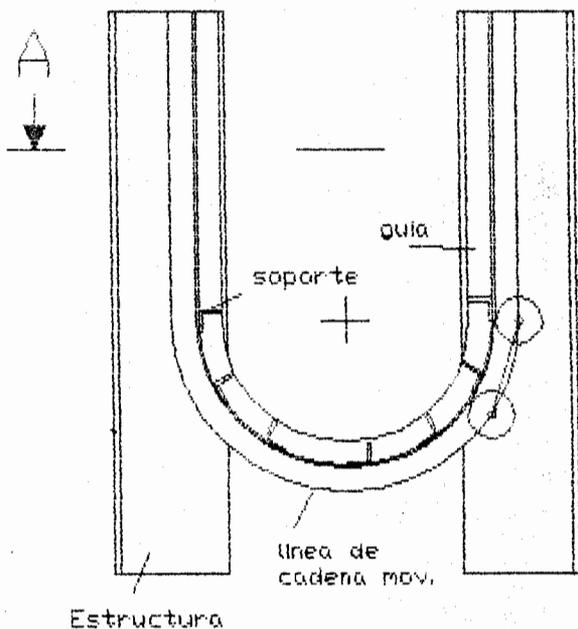
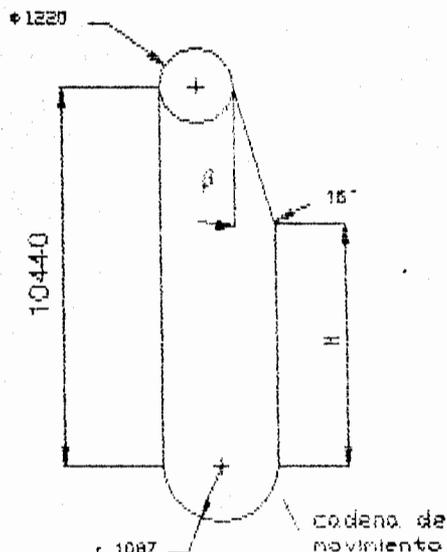
$$(A = 8.55 \text{ cm}^2; s = 6.85 \text{ cm}^3).$$

El cortante máximo:

$$\tau_{\max} = 61 \text{ Mpa}$$

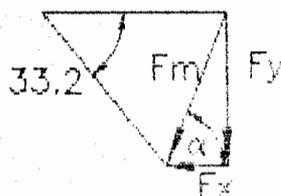


## SECCION A-A



$$\frac{P}{\text{Sen } \beta/2} = 2p$$

$$\Rightarrow \beta = 33.2^\circ$$



$$\alpha = 73.4^\circ$$

FIG. 3.18 (ESQUEMA DE LA GUIA DE LA CADENA DE MOVIMIENTO).

Lo que nos da  $n = 2.46$ , por lo tanto el perfil elegido es el adecuado. La guía va apoyada contra pedazos de perfil L60x60x8 de 104 mm de longitud cada  $30^\circ$  ( $n = 4.58$ ). En el trayecto recto, la guía esta apoyada sobre pedazos de perfil L60x60x8 de 104 mm de longitud espaciados cada 1000 mm. Los esfuerzos en esta parte serán mucho menores a los que se dan en la parte curva ( $n = 42$ ). (Ver plano de estructura P-M-003-2/6, 3/6, 4/6, 5/6, 6/6).

#### HOJA DE DATOS.

Material de base: Acero al carbono.

Material superficie de rodadura  
rodillos: Acero galvanizado.

Material superficie de rozamiento de  
sellos: Polietileno.

### 3.3.5 SISTEMA DE TRANSMISION.

#### 3.3.5.1 MOTOR.

De los cálculos de HP para la cadena de elevación  $HP = 3.67$  hp para un factor de 1.15. Debido a que el motor debe ser de dos velocidades y de acuerdo a las características de carga para cribas rotatorias (SMEATON (15), tabla I vol.1), se utilizara un factor de servicio de 1.3. Por lo tanto, la potencia de diseño es:

$HP = 4.2$  hp; para  $v = 10$  m/min.

$HP = 2.1$  hp; para  $v = 5$  m/min.

Con esta información seleccionamos un motor marca US MOTORS de 5 hp tipo UTP FRAME 215T, con las siguientes características:

#### HOJA DE DATOS.

Tipo: B-3      Frame: 215T.

Ejecución: Rotor cortocircuito.

Velocidad/es: 1800/900 RPM

Potencia: 5/2.5 hp.

Tensión de alimentación:

No. de fases: 3

Tensión: 220/440 V.

Frecuencia: 60 Hz.

Método de arranque: Directo

Protección: IP-55

Aislación: Clase F.

Par de arranque: 1.5 tn

Tamaño constructivo: CBN 2503

Marca: US MOTORS.

### 3.3.5.2 REDUCTOR.

Para la selección del reductor utilizaremos el procedimiento de la US Motors(16). La selección depende de la potencia absorbida, y la velocidad requerida.

DATOS.

Carga a transmitir: 3203.86 lb

Potencia absorbida del motor:

4.2/2.1 hp

Velocidad de entrada: 1750/875 RPM

Velocidad de salida deseada: 16/8 RPM

Velocidad del eje de mando:

$$2.61 / 1.3 \text{ RPM}$$

Paso 1: Factor de servicio (SF).

Para cribas con servicio de 10-24h/dia intermitentemente, de la carta de clasificación pag 11 (US motors) y pag 6, SF = 1.25

Paso 2: Potencia de diseño (DHP):

$$\text{DHP} = \text{HP} \cdot \text{SF}$$

$$\text{DHP} = 5.25 \text{ hp}$$

Paso 3: Relación deseada (DR):

$$\text{DR} = \text{RPM}_{\text{entrada}} / \text{RPM}_{\text{salida}}$$

$$\text{DR} = 109.4$$

Paso 4: Selección de reductor.

De la tabla de reductores tipo CbN (pag.10 US Motors), seleccionamos un reductor tipo CbN2503 con las siguientes características:

$$V_{\text{salida}} = 16 \text{ RPM}$$

$$\text{DR} = 112$$

Potencia admisible: 5.31 hp (mayor que 5.25 hp).

Carga admisible: 3700 lb ( mayor que 3203.86 lb).

Selección completa:

reductor CbN.2503.S.B3.U.215

NOTA:

Comercialmente existe un motoreductor que cumple con las características del motor y reductor, por lo tanto seleccionamos un motoreductor.

FRAME 215T-25.

HOJA DE DATOS.

Tipo: Engranajes cilíndricos.

Relación de transmisión: 112:1.

Material ejes: Acero al carbono.

Material engranajes: Acero al carbono

Velocidad entrada: 1750/875 RPM

Velocidad de salida: 15.63/7.8 RPM.

Potencia admisible: 5.31/2.65 hp

Torque a transmitir: 18974 lb.in

Diámetro de salida: 2.38 in.

Factor de servicio: 1.25

Marca: US MOTORS.

### 3.3.5.3 CADENA DE TRANSMISION.

Aplicación del procedimiento de la  
Rexnord(12) pag C-84 para ENGINEERED  
CHAIN.

DATOS.

Se requiere seleccionar una cadena de  
transmisión para una criba de agua que  
tiene un motor de 5 hp. La cadena va  
acoplada al eje de salida de un  
reductor con velocidad de salida de  
15.63 RPM y debe transmitir a un  
carrete con velocidad de 2.61 RPM. El  
piñón de la cadena debe caber en un  
espacio de 200 mm. La distancia entre  
centros debe ser máximo 1000 mm.

Paso 1: Factor de servicio (SF).

De la tabla 1 pag. C-86,87(Rexnord),  
para trabajo intermitente durante  
24h/dia, SF = 1.0.

Paso 2: Potencia de diseño (DHP).

$$DHP = HP.SF$$

$$DHP = 5hp$$

Paso 3: Relación de velocidad (DR).

$$DR = \text{RPM piñon} / \text{RPM carrete}$$

$$DR = 6$$

Paso 4: Velocidad y diámetros de ejes.

$$\text{PIÑON: } 15.63 \text{ RPM; } \phi = 2.38 \text{ in}$$

$$(60.452 \text{ mm}).$$

$$\text{CATALINA: } 2.61 \text{ RPM; } \phi = 4^{7/16} \text{ in}$$

$$(112.7 \text{ mm}).$$

Paso 5,6,7: Cadena y piñón, espacio disponible.

De la tabla 2 pag C-89(Rexnord) para 5 hp seleccionamos una cadena 3160 de 9T, paso  $p = 2 \text{ in}(50.8 \text{ mm})$ , bocín tipo I.

Paso 8: Determinar números de dientes en catalina (N), distancia mínima entre centros(DEC) y longitud mínima de cadena(Lp).

$$N = DR.n = 6(9T)$$

$$N = 54T$$

$$DEC = (N-n)/3.1 = 14.52p = 737.62 \text{ mm.}$$

$$Lp = 2DEC + (N-n)/2 + K$$

$$K = 0.0258(N-n)^2/DEC = 3.598p$$

$$Lp = 64.138p = 3260 \text{ mm.}$$

Paso 9: Seleccionar piñón y catalina.

PIÑÓN:

De la pag C-60 (Rexnord) para bocín I tenemos:  $T_{max} = 23000 \text{ lb.in}$  ( que es mayor al torque transmitido por el reductor). Del cat. Rexnord seleccionamos un piñon tipo 160B9.

CATALINA:

Torque en catalina =  $DR \cdot T_{piñón}$

$$T = 138000 \text{ lb.in.}$$

Para este torque corresponde

(pag. C-60), un bocín tipo P con

$T_{max} = 140000 \text{ lb.in}$ . Seleccionamos una catalina tipo 160C54.

Paso 10: Tipo de lubricación.

Se hará por baño de aceite tipo SAE 40.

HOJA DE DATOS.

Cadena: 3160

Piñon: 160B9

Catalina: 160C54.

### 3.3.6 ESTRUCTURA SOPORTE DEL SISTEMA.

#### CALCULOS DE LA ESTRUCTURA SOPORTE

La figura 3.19 muestra un esquema de la estructura que soporta al sistema de cribas.

Esta se divide en cinco (5) secciones:

1. Sección de la cabeza.
2. Sección superior.
3. Sección intermedia cruzada.
4. Sección intermedia.
5. Sección del fondo o base.

Todas las secciones se unirán entre sí por tornillos. La sección de la cabeza descansa sobre el piso de operación y soporta el conjunto motriz formado por el motoreductor, cadena de transmisión, etc., mientras que las cuatro restantes secciones descansan sobre el fondo del pozo de cribas y sirven de guía para la cadena de movimiento y soportan además de su propio peso, la carga de fricción del agua ( $F_d = 23972 \text{ N}$ , tabla IV).

En la figura 3.20 se muestran los modelos matemáticos de las secciones para su respectivo

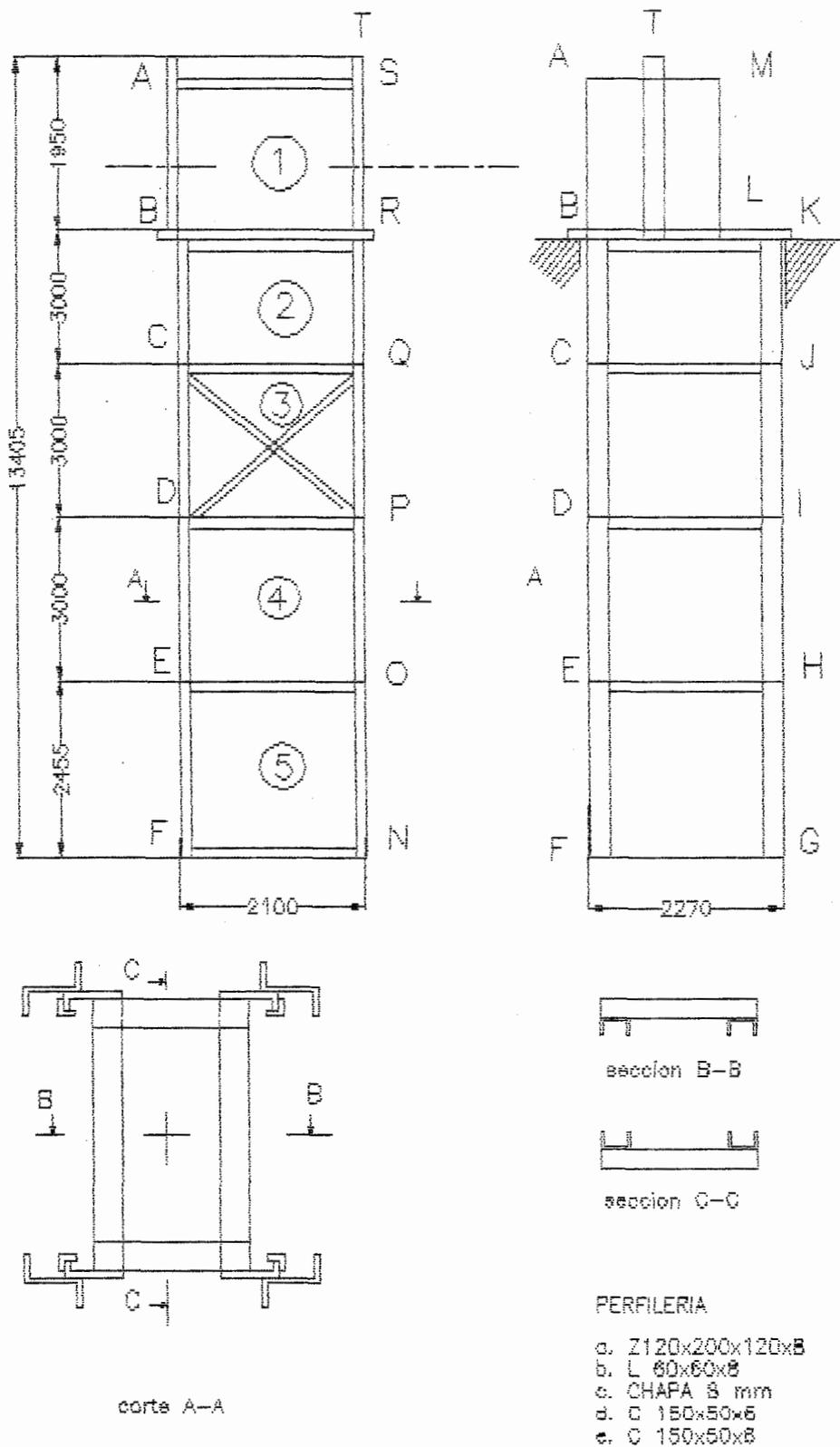


FIG. 3.19 (Esquema de la estructura de la Criba)

análisis de esfuerzos. Analizaremos primero las secciones inferiores.

#### SECCIONES INFERIORES.

De acuerdo a la figura 3.20b, la estructura se comporta como un pórtico rígido con cargas simétricamente distribuidas a cada lado de la línea de centros. Utilizaremos el método de la pendiente desviación (Yuan Yu-Sieh (17)) para encontrar todas las reacciones, fuerzas internas y esfuerzos principales en cada tramo de la estructura.

#### PERFILERIA.

Se utilizará en acero SAE 1010 CD ( $E = 200\text{GPa}$ ).

Verticales : ( a en la fig. 3.19), perfil

Z 120x120x200x8;

$A = 33.92 \text{ cm}^2$ ;  $I_{yy} = 2185 \text{ cm}^4$ ;  $s = 218.5 \text{ cm}^3$ ;

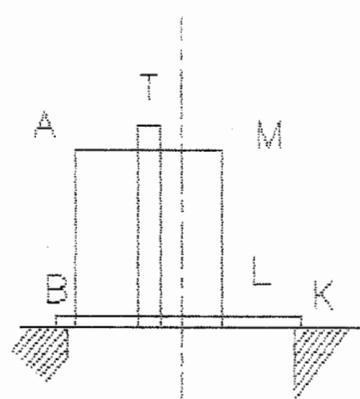
$w = 26.63 \text{ Kg/m}$ .

Horizontales: ( c y d en la fig. 3.19), perfil

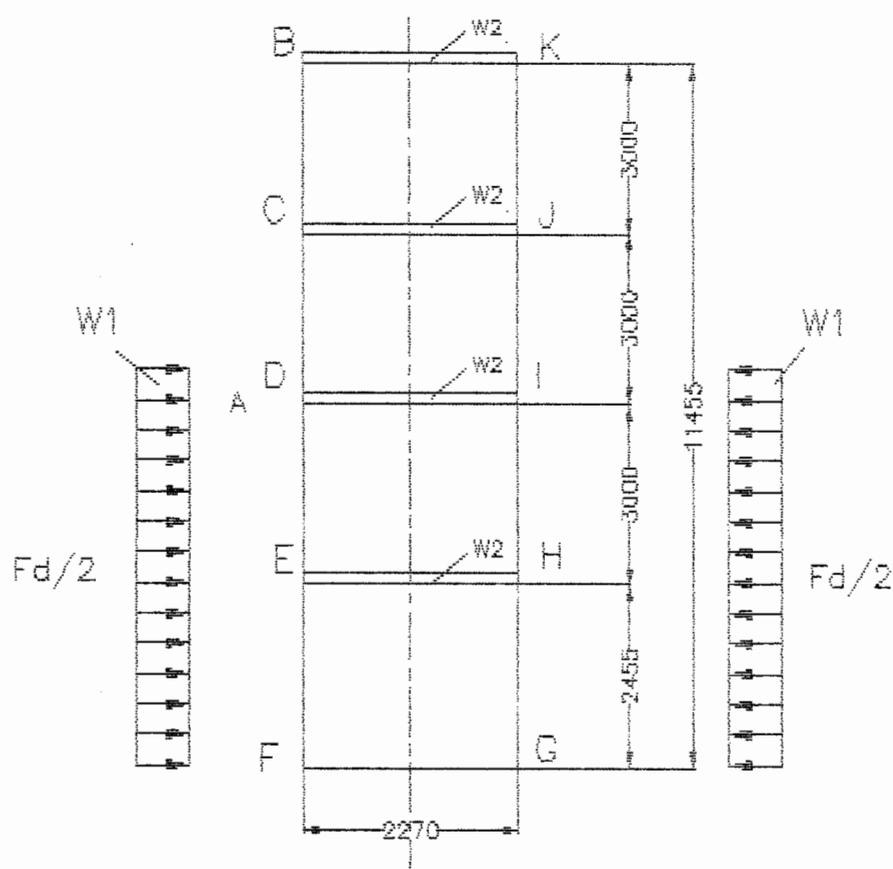
C 150x50x6;

$A = 13.82 \text{ cm}^2$ ;  $I_{yy} = 28.8 \text{ cm}^4$ ;  $s = 7.7 \text{ cm}^3$ ;

$w_2 = 11.06 \text{ Kg/m}$ .



a) Sección Cabeza



b) Secciones inferiores

FIG. 3.20 (Esquema de la fuerza sobre las secciones de la estructura del sistema)

Artificios:

Utilizaremos las letras A, B y C en reemplazo de la expresión  $EI/l$ , así:

$$EI_1/l_1 = 200 \times 10^9 (2.185 \times 10^{-5}) / 2.455 = 1.78 \times 10^6$$

$$A = 1.78 \times 10^6.$$

$$EI_1/l_2 = 200 \times 10^9 (2.185 \times 10^{-5}) / 3 = B = 1.45667 \times 10^6.$$

$$EI_2/l_2 = 200 \times 10^9 (2.88 \times 10^{-7}) / 2.27 = 0.025374 \times 10^6$$

$$C = 0.025374 \times 10^6.$$

Por simetría de distribución de cargas:

$$F_x = 0.5F_d = 11986 \text{ N.}$$

Para esta carga, la profundidad es 3680 mm de agua. Para facilitar los cálculos, asumimos

$l = 2.455 + 1.5 = 3.955 \text{ m}$  y como la carga de fricción es distribuida perpendicular sobre los perfiles verticales entonces:

$$w_1 = P/l = 11986/3.955$$

$$w_1 = 3030.6 \text{ N/m}$$

Asumimos también que los tramos laterales F-N, E-O, etc., no ejercen momentos significativos y que sus pesos descansan sobre los tramos verticales, es decir:

$$q_2 = 0.5w_2(2.1)$$

$$q_2 = 113.9 \text{ N}$$

El peso  $q_1$  es debido a los perfiles a, b y c (fig. 3.19).

$$q_1 = q_a + q_b + \frac{1}{2}q_c$$

$$q_1 = (w_a + w_b + \frac{1}{2}w_c)l_1$$

$$w_a = 26.63 \text{ Kg/m}; w_b = 6.84 \text{ Kg/m};$$

$$w_c = 117.44 \text{ Kg/m}$$

$$q_1 = 92.2(2.455)9.81 \text{ N}$$

$$q_1 = 2220.2 \text{ N}; \text{ aplicado en la mitad de E-F.}$$

$$q_3 = 92.2(l_3) = 92.2(3)9.81 \text{ N}$$

$q_3 = 2713.1 \text{ N};$  aplicado en la mitad de cada tramo vertical.

Aplicamos las ecuaciones del método pendiente desviación:

$$M_{ab} = 2EK(2\theta_a + \theta_b - 3R) \pm M_{ab}^F$$

$$M_{ba} = 2EK(2\theta_b + \theta_a - 3R) \pm M_{ba}^F$$

Condiciones:

$$R = 0.$$

$$\theta_B = -\theta_K; \theta_c = -\theta_J; \theta_D = -\theta_I; \theta_E = -\theta_H; \theta_F = -\theta_G.$$

$$M_{FE}^F = -M_{GH}^F = -w(l^2/12) = -1522.125 \text{ N.m}$$

$$M_{EF}^F = -M_{HG}^F = 1522.125 \text{ N.m}$$

$$M_{ED}^F = -M_{HI}^F = -11w(l^2/192) = -1562.653 \text{ N.m}$$

$$M_{DE}^F = -M_{IH}^F = 5w(l^2/192) = 710.297 \text{ N.m}$$

$$M_{EH}^F = - M_{HE}^F = M_{DI}^F = - M_{ID}^F = M_{CJ}^F = - M_{JC}^F = M_{BK}^F \\ = - M_{KB}^F = -w(l^2/12) = - 46.6 \text{ N.m.}$$

Las demás ecuaciones:

$$M_{FE} = - M_{GH} = 2A( 2\theta_F + \theta_E ) - 1522.125$$

$$M_{EF} = - M_{HG} = 2A( 2\theta_E + \theta_F ) + 1522.125$$

$$M_{EH} = - M_{HE} = 2C\theta_E - 46.6$$

$$M_{ED} = - M_{DE} = 2B( 2\theta_E + \theta_D ) - 1562.653$$

$$M_{DE} = - M_{ED} = 2B( 2\theta_D + \theta_E ) + 710.297$$

$$M_{DI} = - M_{ID} = 2C\theta_D - 46.6$$

$$M_{DC} = - M_{CD} = 2B( 2\theta_D + \theta_C )$$

$$M_{CD} = - M_{DC} = 2B( 2\theta_C + \theta_D )$$

$$M_{CJ} = - M_{JC} = 2C\theta_C - 46.6$$

$$M_{CB} = - M_{BC} = 2B( 2\theta_C + \theta_B )$$

$$M_{BC} = - M_{CB} = 2B( 2\theta_B + \theta_C )$$

$$M_{BK} = - M_{KB} = 2C\theta_B - 46.6$$

En los nudos:

NUDO B:

$$M_{BC} + M_{BK} = 0$$

$$\Rightarrow \theta_C = 46.6/2B - (4B + 2C)/2B; D = 46.6/2B; E = \\ (4B + 2C)/2B$$

$$\theta_C = D - E\theta_B \quad (3.16)$$

NUDO C:

$$M_{CB} + M_{CD} + M_{CJ} = 0$$

$$\Rightarrow F = (46.6 - (8B + 2C)D)/2B;$$

$$G = ((8B + 2C)E - 2B)/2B$$

$$\theta_D = F + G\theta_B \quad (3.17)$$

NUDO D:

$$M_{DE} + M_{DC} + M_{DI} = 0$$

$$\Rightarrow H = (2BE - (8B + 2C)G)/2B; \quad I = (663.697 +$$

$$2BD + (8B + 2C)F)/2B$$

$$\theta_B = H\theta_B - I \quad (3.18)$$

NUDO E:

$$M_{EF} + M_{ED} + M_{EH} = 0$$

$$\Rightarrow J = (87.13 + (4B + 4A + 2C)I - 2BF)/2A;$$

$$K = ((4B + 4A + 2C)H + 2BG)/2A$$

$$\theta_F = J - K\theta_B \quad (3.19)$$

NUDO F:

$$M_{FE} = 0 \Rightarrow$$

$$\theta_B = (1522.125 + 2AI - 4AJ)/(2AH - 4AK) \quad (3.20)$$

Resolvemos las ecuaciones 3.15 a 3.20 y los valores de las pendientes junto con los esfuerzos principales en cada tramo se muestran en la tabla V. De acuerdo a esta tabla, el

TABLA V

Resultados del análisis de la estructura inferior de la criba

| TRAMO | $\theta$                          | M (N.m)          | Punto<br>crit.<br>x (m)<br>ext.<br>izq. | $V_x$<br>(N) | $M_x$<br>(N.m) | $P_x$<br>(N.m) | $\tau_{max}$<br>(MPa) | n     |
|-------|-----------------------------------|------------------|---|--------------|----------------|----------------|-----------------------|-------|
| F-E   | $\theta_F = 2.37 \times 10^{-4}$  | $M_{FE} = 0$     | 2.455                                   | -4547        | -2030          | 9087.5         | 6.46                  | 23.23 |
|       |                                   | $M_{EF} = 2030$  |   |              |                |                |                       |       |
| E-D   | $\theta_E = -4.74 \times 10^{-5}$ | $M_{ED} = -1983$ | 0                                       | 3975.1       | 1983           | 6137.35        | 6.0                   | 25    |
|       |                                   | $M_{DE} = 286$   |   |              |                |                |                       |       |
| E-H   |                                   | $M_{EH} = -46.6$ |   |              |                |                |                       |       |
|       |                                   | $M_{HE} = 46.6$  | 0                                       | 123.15       | 46.6           | 8522.1         | 6.11                  | 24.5  |
| D-C   | $\theta_D = -4.9 \times 10^{-5}$  | $M_{DC} = -239$  | 0                                       | 95.757       | 239            | 3259.3         | 1.45                  | 103.4 |
|       |                                   | $M_{CD} = -48.3$ |   |              |                |                |                       |       |
| D-I   |                                   | $M_{DI} = -46.6$ | 0                                       | 123.15       | 46.6           | 666.557        | 3.27                  | 45.87 |
|       |                                   | $M_{ID} = 46.6$  |   |              |                |                |                       |       |
| C-B   | $\theta_C = 1.62 \times 10^{-5}$  | $M_{CB} = 94.05$ | 0                                       | 46.88        | 94.05          | 1629.65        | 1.0                   | 300   |
|       |                                   | $M_{BC} = 46.6$  |   |              |                |                |                       |       |
| C-J   |                                   | $M_{CJ} = -46.6$ | 0                                       | 123.15       | 96.6           | 142.69         | 3.08                  | 48.7  |
|       |                                   | $M_{JC} = 46.6$  |   |              |                |                |                       |       |
| B-K   | $\theta_B = -9.58 \times 10^{-8}$ | $M_{BK} = -46.6$ | 0                                       | 123.15       | 96.6           | 96.88          | 3.04                  | 49.3  |
|       |                                   | $M_{KB} = 46.6$  |   |              |                |                |                       |       |

tramo vertical critico es el F-E (n = 23.23),  
 y el tramo horizontal critico es el E-H,  
 (n = 24.5).

#### SELECCION DE LA TORNILLERIA.

Utilizaremos tornillos de acero inoxidable  
 AISI 304 ( $S_y = 276 \text{ Mpa}$ ) con cabeza exagonal y  
 tuerca para unir los tramos de la estructura y  
 tornillos de cabeza plana avellanada y tuerca  
 para unir las guías a la estructura.

Para los perfiles críticos:

En la figura 3.21 se muestran las uniones  
 típicas de la estructura. Para la unión entre  
 la estructura y el piso, analizando en el punto  
 F, la unión solo resiste la carga horizontal  
 (fig 3.21b), utilizando los datos de la  
 tabla V:

$$H_F = 2893.1 \text{ N}$$

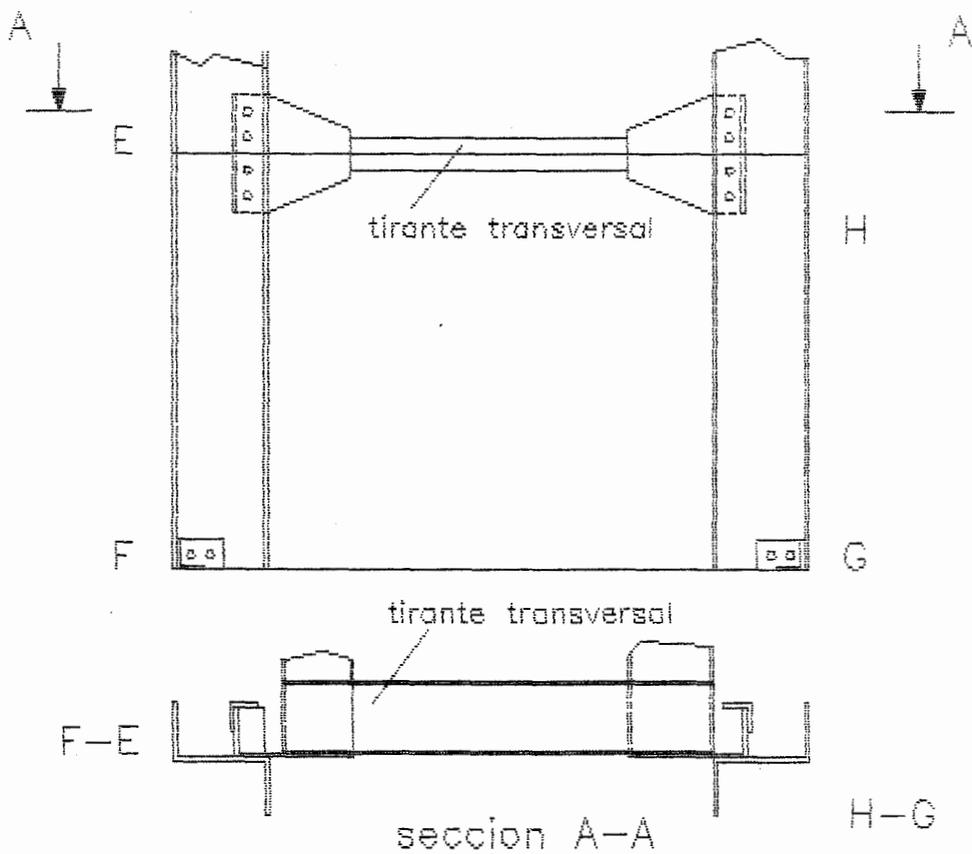
De la figura 3.22:

$$F_1 + F_2 = H_F; F_1 = F_2 = 1446.55 \text{ N}$$

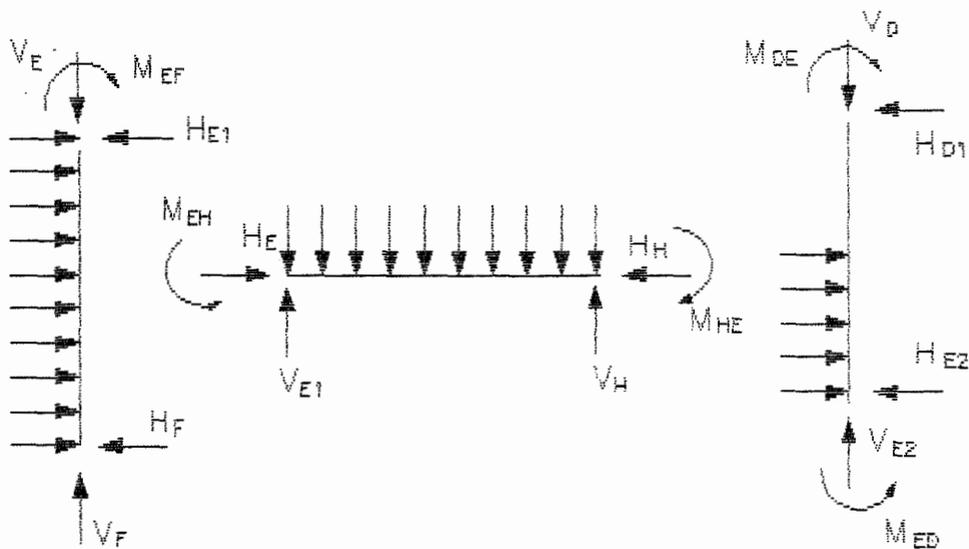
Utilizando tornillos M16 tenemos:

$$\tau = F/A = 1446.55 / (\pi(0.016)^2/4)$$

$$\tau = 7.2 \text{ MPa}$$



a) Esquema de la union de los tramos de la estructura.



b) D.C.L. tramo F-E

c) D.C.L. tramo E-H

d) D.C.L. tramo E-D

Fig. 3.21 Estructura soporte.

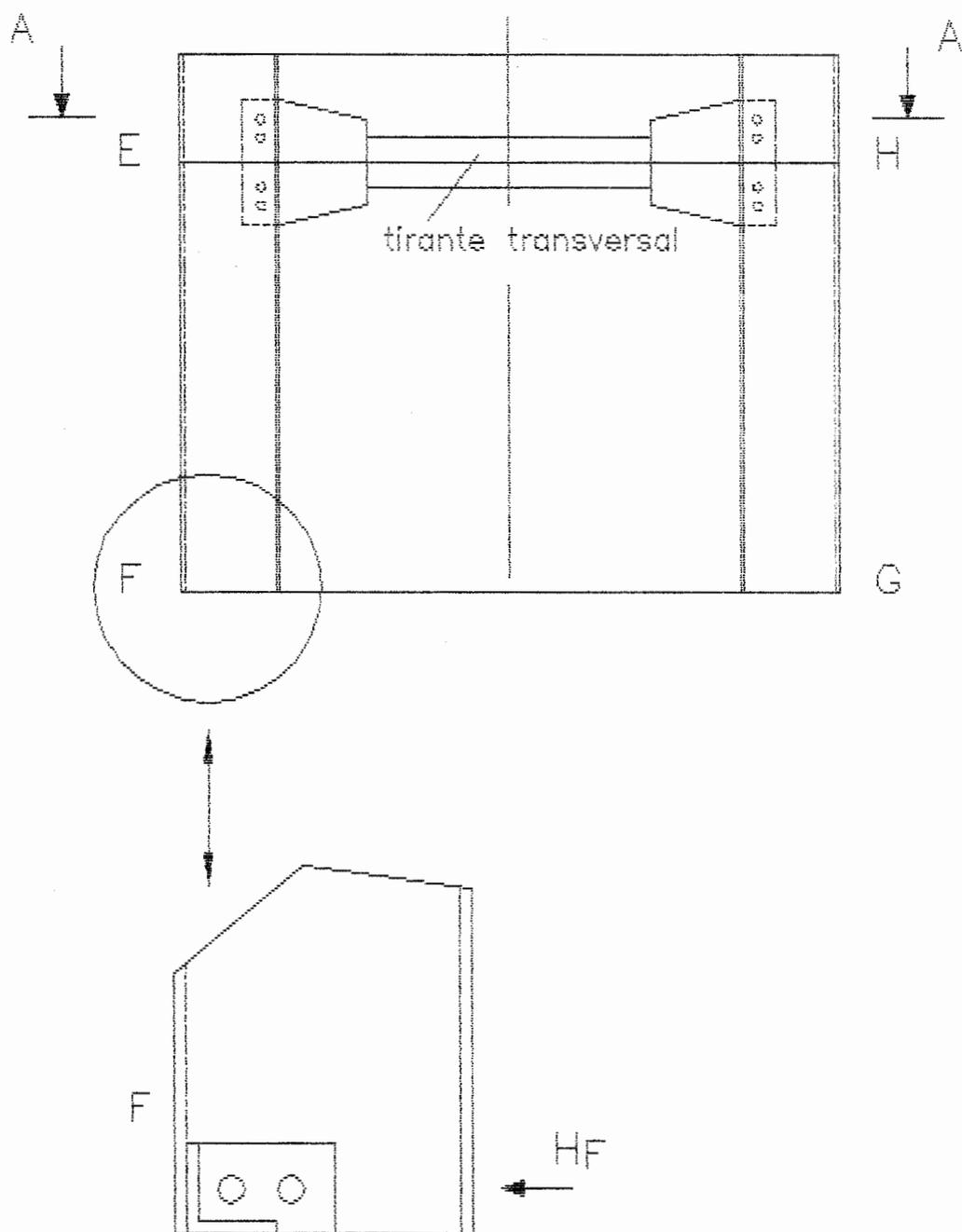


Fig. 3.22 Esquema de la unión en el extremo F de la estructura.

Entonces  $n = 19.2$ . Por aplastamiento:

$\sigma = 11.3$  MPa, entonces  $n = 24.4$ . Por lo tanto, se utilizará tornillo M16x30 en estas uniones.

Unión en el punto E:

En este punto se unen las vigas horizontales entre si y estas con los tramos verticales y los tramos verticales entre si. Analizando estos tres casos:

1. Unión entre tramo E-F y resto de la estructura:

De la figura 3.23 a y b y utilizando los datos de la tabla V:

Las cargas primarias son:

$$H_1' = H_2' = H_3' = H_4' = \frac{1}{4} H_{R1} = \frac{1}{4}(4547) = 1136.75 \text{ N.}$$

Resolviendo para el conjunto de tornillos:

$$r_1 = r_3 = 87.5 \text{ mm}$$

$$r_2 = r_4 = 50 \text{ mm}$$

Las cargas secundarias son:

$$H''_1 = M_{EF} \times r_1 / (2r_1^2 + r_2^2)$$

$$H''_1 = - 8744.6 \text{ N}$$

$$H''_2 = - 4997 \text{ N}$$

$$H''_3 = 4997 \text{ N}$$

$$H''_4 = 8744.6 \text{ N}$$

El tornillo crítico es el 4 con  $H_4 = H'_4 + H''_4 =$

$$H_4 = 9881.35 \text{ N}$$

Para tornillo M16:

Por cortante:  $n = 2.81$

Por aplastamiento:  $n = 3.57$

2. Unión entre tramo E-D y resto de la estructura:

De la figura 3.23 a y b y usando los datos de la tabla V tenemos:

$$H'_1 = H'_2 = H'_3 = H'_4 = \frac{1}{4} H_{E2} = \frac{1}{4} (3975.1) = 993.78 \text{ N.}$$

Las cargas secundarias son:

$$H''_1 = M_{EF} x r_1 / (2r_1^2 + r_2^2)$$

$$H''_1 = 8542.15 \text{ N}$$

$$H''_2 = 4881.23 \text{ N}$$

$$H''_3 = - 4881.23 \text{ N}$$

$$H''_4 = - 8542.15 \text{ N}$$

El tornillo crítico es el 1 con  $H_1 = H'_1 + H''_1 =$

$$H_1 = 9535.93 \text{ N}$$

Para tornillo M16:

Por cortante:  $n = 2.91$

Por aplastamiento:  $n = 3.7$

3. Unión entre tramo E-H y resto de la estructura. De la figura 3.23 a y b y utilizando los datos de la tabla V:

Las cargas primarias son:

$$H_1' = H_2' = H_3' = H_4' = \frac{1}{4} H_E = \frac{1}{4}(8522.1) \\ = - 2130.525 \text{ N.}$$

Las cargas secundarias son:

$$H''_1 = \frac{M_{EF} x r_1}{(2r_1^2 + r_2^2)}$$

$$H''_1 = 200.74 \text{ N}$$

$$H''_2 = 114.71 \text{ N}$$

$$H''_3 = - 114.71 \text{ N}$$

$$H''_4 = - 200.74 \text{ N}$$

El tornillo crítico es el 4 con  $H_4 = H_4' + H''_4 = 2331.27 \text{ N}$

Para tornillo M16:

Por cortante:  $n = 11.9$

Por aplastamiento:  $n = 15.13$

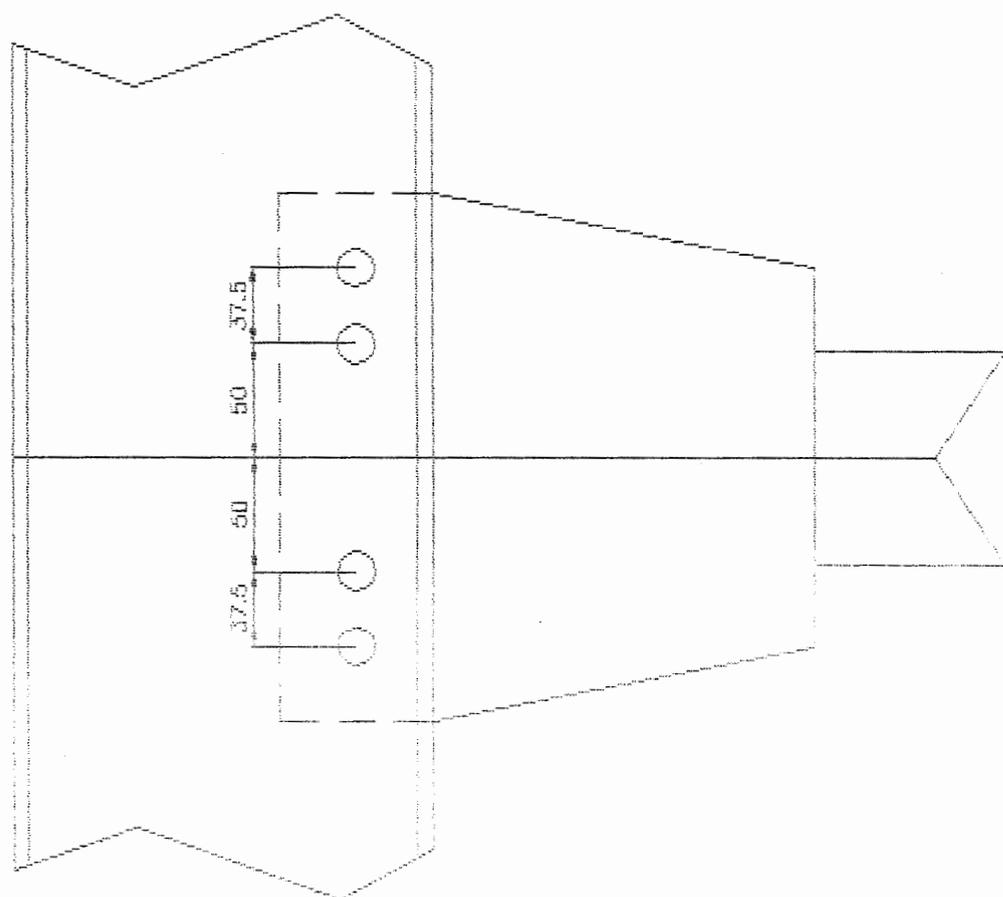


Fig. 3.23 (Union entre soportes laterales y verticales)

Por lo tanto y habiendo analizado los casos críticos, se utilizarán tornillos M16x40 cabeza exagonal con tuerca y arandela plana.

Las secciones inferiores con sus dimensiones y listas de materiales se muestran en los planos mecánicos P-M-003 3/6 4/6 5/6 y 6/6.

#### SECCION DE LA CABEZA.

En la figura 3.24 a y b, apreciamos que esta sección comprende:

- Bastidor formado por los perfiles (C 200x100x8) T-U y V-W que soportan al sistema de movimiento.
- Perfiles (L100x100x8) que soportan al sistema de transmisión.
- Estructura base (chapa 10 mm) que soporta a la estructura y esta anclada al piso de operación.

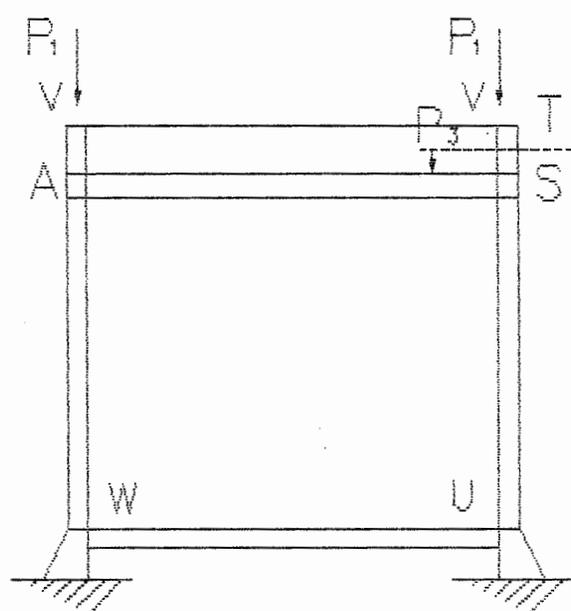
Las cargas que soporta son:

$$P_1 = R_I + P_{\text{cabeza elev.}}$$

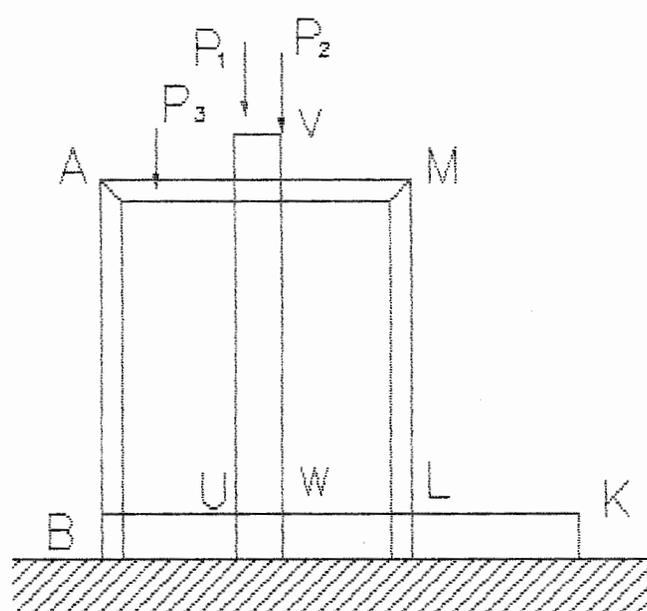
$$P_2 = R_F + P_{\text{cabeza elev.}}$$

$$P_3 = P_{\text{motoreductor}}$$

$$P_{\text{motriz}} = P_m = 16459.2 \text{ N.}$$



b) lateral



a) frontal

Fig. 3.24 Esquema de la seccion de la cabeza.

$R_I$  = fuerza en el apoyo I del eje de mando.

$$R_I = 15177.64 \text{ N.}$$

$R_F$  = fuerza en el apoyo F del eje de mando.

$$R_F = 32692.22 \text{ N}$$

$$P_{\text{cabeza elev}} = 1159.36 \text{ N}$$

$$P_{\text{motoreductor}} = 1329.26 \text{ N}$$

$$P_{\text{cadena transmisión}} = 316 \text{ N}$$

$$P_{\text{pinon}} = 98.1 \text{ N}$$

Entonces:

$$P_1 = 16337 \text{ N}$$

$$P_2 = 33851.58 \text{ N}$$

$$P_3 = 1329.26 \text{ N}$$

Analizando para la base del motoreductor:

De la figura 3.25a:

$$P_r = \frac{1}{2} P_{\text{motoreductor}} = 664.63 \text{ N}$$

$$P_C = P_{\text{cadena transmisión}} + P_{\text{pinon}} + P_{\text{motriz}} = 16873.3 \text{ N}$$

Resolviendo para las reacciones:

$$R_1 = - 6928.355 \text{ N}$$

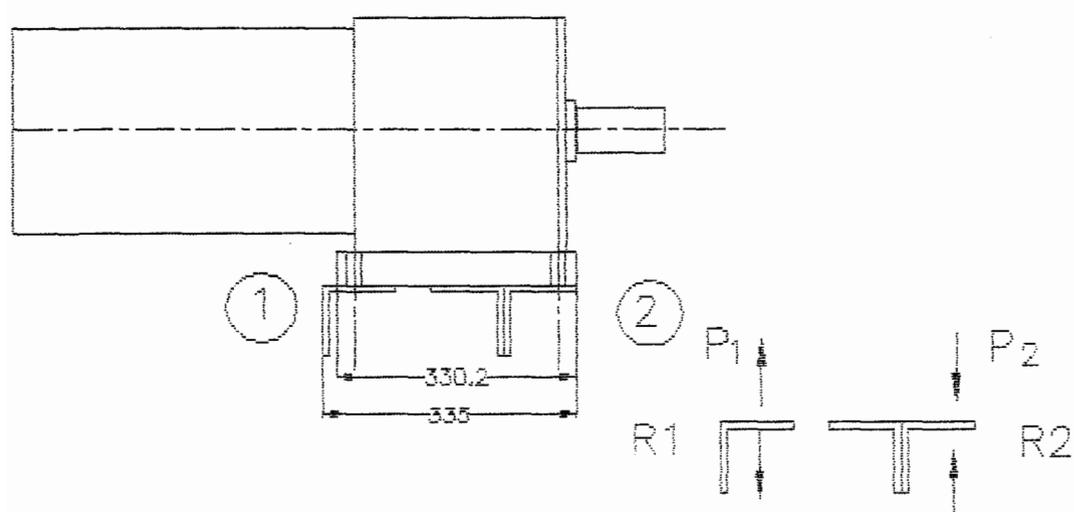
$$R_2 = 25130.9 \text{ N}$$

Para la viga 1 (fig. 3.25b):

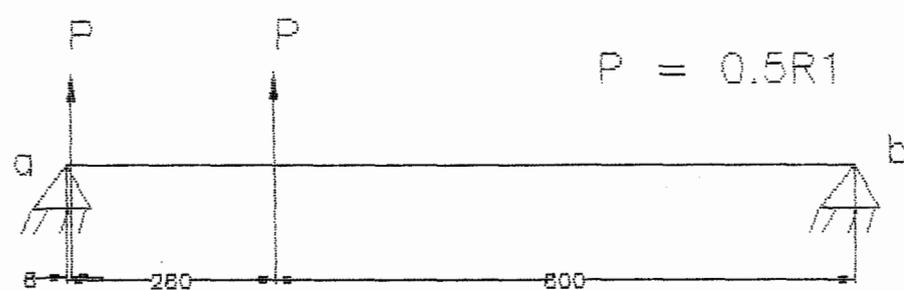
$$P = \frac{1}{2} R_1 = 3464.2 \text{ N}$$

Resolviendo para los apoyos:

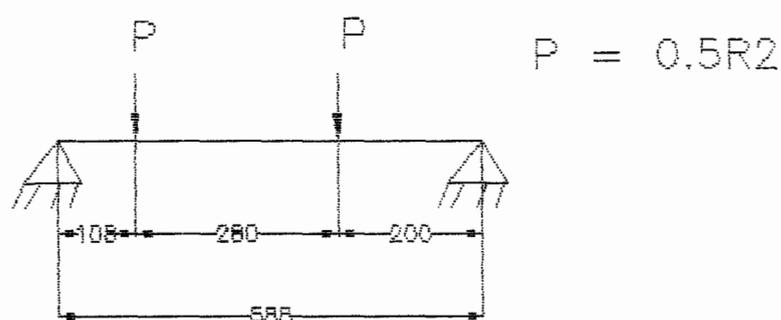
$$R_{a1} = - 5985.94 \text{ N}$$



a) Esquema de la base del motoreductor



b) Viga 1 del soporte del motoreductor.



c) Viga 2 del soporte del motoreductor.

Fig. 3.25 Soporte del motoreductor.

$$R_{b1} = - 942.46 \text{ N}$$

Lo que nos da  $\tau_{\max} = 18.66 \text{ MPa}$ , entonces

$$n = 8.04$$

Para la viga 2 (fig. 3.25c):

$$P = \frac{1}{2} R_2 = 12565.45 \text{ N}$$

Resolviendo para los apoyos:

$$R_{a2} = 14531.47 \text{ N}$$

$$R_{b2} = 10599.43 \text{ N}$$

Lo que nos da  $\tau_{\max} = 52.73 \text{ MPa}$ , entonces

$$n = 2.85$$

Analizando para el perfil T-U (fig.3.26a):

$$M = (0.1)R_{b2} = 1059.94 \text{ N.m}$$

$$P_1 + R_{b2} = 26936.43 \text{ N}$$

Lo que nos da:

$$\sigma^c = 9 \text{ MPa}$$

$$\sigma^M = 5.86 \text{ MPa}$$

Esto nos da  $n = 20.2$ .

Analizando para el perfil V-W (fig.3.26b):

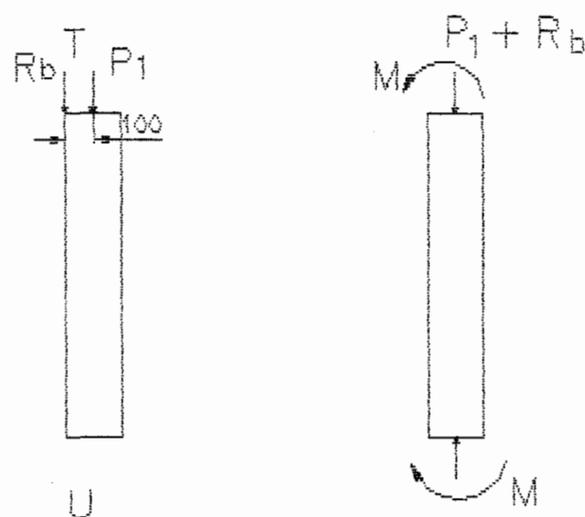
$$\sigma^c = P_2/A = 11.33 \text{ MPa}$$

Esto nos da  $n = 26.5$

Analizando para la viga B-K (fig. 3.26c):

$$R_{a2} - R_{a1} = 8545.53 \text{ N}$$

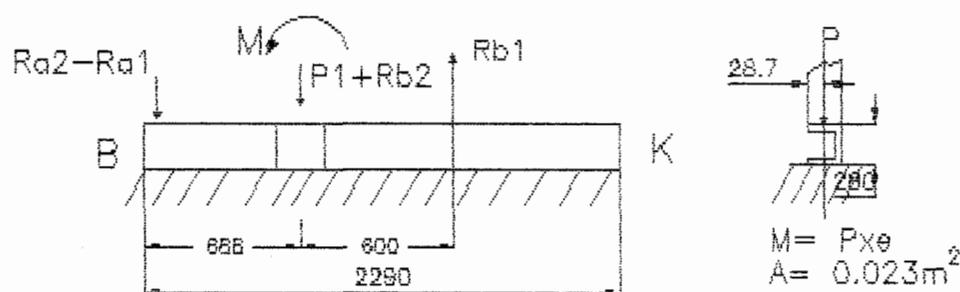
$$P_1 + R_{b2} = 26936.43 \text{ N}$$



a) Perfil T-U del soporte del cabezal de mando.



b) Perfil V-W del soporte del cabezal de mando



c) Viga B-K base de la sección de la cabeza.

Fig. 3.26 Esquema de los soportes principales de la sección de la cabeza.

$$R_{b1} = 942.46 \text{ N}$$

Asumimos una reacción uniformemente distribuida a lo largo de la viga, es decir:

$$F_R = (R_{a2} - R_{a1}) + (P_1 + R_{b2}) - R_{b1}.$$

$$F_R = 34539.5 \text{ N}$$

$$M = F_R \cdot e = 34539.5 (2.87 \times 10^{-2}) = 991.3 \text{ N.m}$$

Esto nos da:

$$\sigma^c = 1.51 \text{ MPa}$$

$$\sigma^M = 212.41 \text{ MPa}$$

El factor de seguridad nos da  $n = 1.40$

Para aumentar el factor de seguridad, reforzamos la viga tal como se muestra en el plano mecánico P-M-003-2/6.

#### HOJA DE DATOS.

Material bastidor: Acero al carbono.

### **3.3.7 SISTEMA DE LAVADO.**

#### **3.3.7.1 BOMBA DE LAVADO.**

De la tabla B pag 17 del cat. de la FMC(5), para el ancho de panel obtenido (6-0 ft), la presión del chorro de lavado para una buena limpieza de los paneles es 85 psi con un caudal de

$Q = 159$  gl/min. Por tanto necesitamos seleccionar una bomba con estas características que además cumpla con las elevaciones del lugar (ver especificaciones técnicas).

DATOS.

Caudal de trabajo:

$$Q = 36 \text{ m}^3/\text{h}$$

Niveles: max = 9470 mm; min = 3680 mm.

Diámetro de tubería de impulsión.

Escogemos  $\phi = 2\frac{1}{2}$  in

Material de bomba: hierro fundido.

La WORTHINGTON , tiene una bomba de pozo profundo tipo 8LS-15 que cumple con estas características con un rendimiento del 70%.

HOJA DE DATOS.

Tipo: centrífuga vertical de pozo profundo.

Caudal: 36 m<sup>3</sup>/h

Altura dinámica: 60 m.c.a.

Pérdidas columna cabezal: 0.6 m.c.a.

Altura total dinámica: 60.6 m.c.a.

Velocidad: 1760 RPM

Rendimiento: 69.3%

Potencia absorbida: 9 Kw

Materiales:

- Cuerpo: Hierro fundido
- Impulsor: Hierro fundido
- Eje: Acero al carbono

### 3.3.7.2 LINEAS DE LAVADO.

Para el lavado de los paneles utilizaremos toberas de lavado a presión, cañería de 2  $\frac{1}{2}$  pulgadas en acero galvanizado y sus respectivos accesorios de flujo.

#### HOJA DE DATOS.

Cantidad de colectores: Uno (1).

Cantidad de toberas: Ocho (8).

Tipo de conexión: Brida.

Presión requerida: 60 m.c.a.

Caudal requerido: 36 m<sup>3</sup>/h

Conjunto de tubería:

Caño de 2½" de diámetro en acero galvanizado, con sus correspondientes accesorios en tramo del orden de 2 m, incluyendo las siguientes válvulas y elementos de control:

- 1 Válvula de compuerta.
- 1 Presostato.

#### SELECCION DE TOBERAS.

Si asumimos perdidas por tubería del orden del 10%, entonces el caudal para cada tobera es  $q = 36(0.9)/8$

$q = 4.05 \text{ m}^3/\text{m}$  a una presión de

5.4 Kg/cm<sup>2</sup>. Para una distancia de rociar de aproximadamente 5 cm, con un ángulo de salida pequeño de aprox. 10°, de la tabla 13 pag F-87 Rexnord(12), seleccionamos una tobera No. 70488A que es la más apropiada para el uso indicado. El plano P-P-001 muestra el sistema de lavado.

### 3.3.8. SISTEMA DE CONTROL.

Se utilizara un sistema por control diferencial de presión de aire que es más económico que un sistema por sensores electrónicos. Utilizaremos el mismo tipo de sistema de control utilizado por la FMC (manual de instrucciones anexo B de la FMC para rejillas móviles modelo 57(16)). La figura 3.27 muestra el esquema de control. El elemento sensor lo constituyen los tubos capilares que van sumergidos uno en el lado antes de la filtración (tubo de alta, A) y el otro después de la filtración (tubo de baja, C), ambos a igual altura y a una profundidad en que los extremos quedan sumergidos 30 cm bajo el nivel mínimo del río (3680 mm). Los tubos de purgar A y C van conectados en los dispositivos alto (arriba de corriente) y bajo (abajo de corriente) que se encuentran en el panel de control. El suministro de aire va conectado en el punto B al panel de control. Por los tubos pasa un flujo pequeño de aire a baja presión que es ajustado por el medidor E hasta que el indicador F muestre la lectura

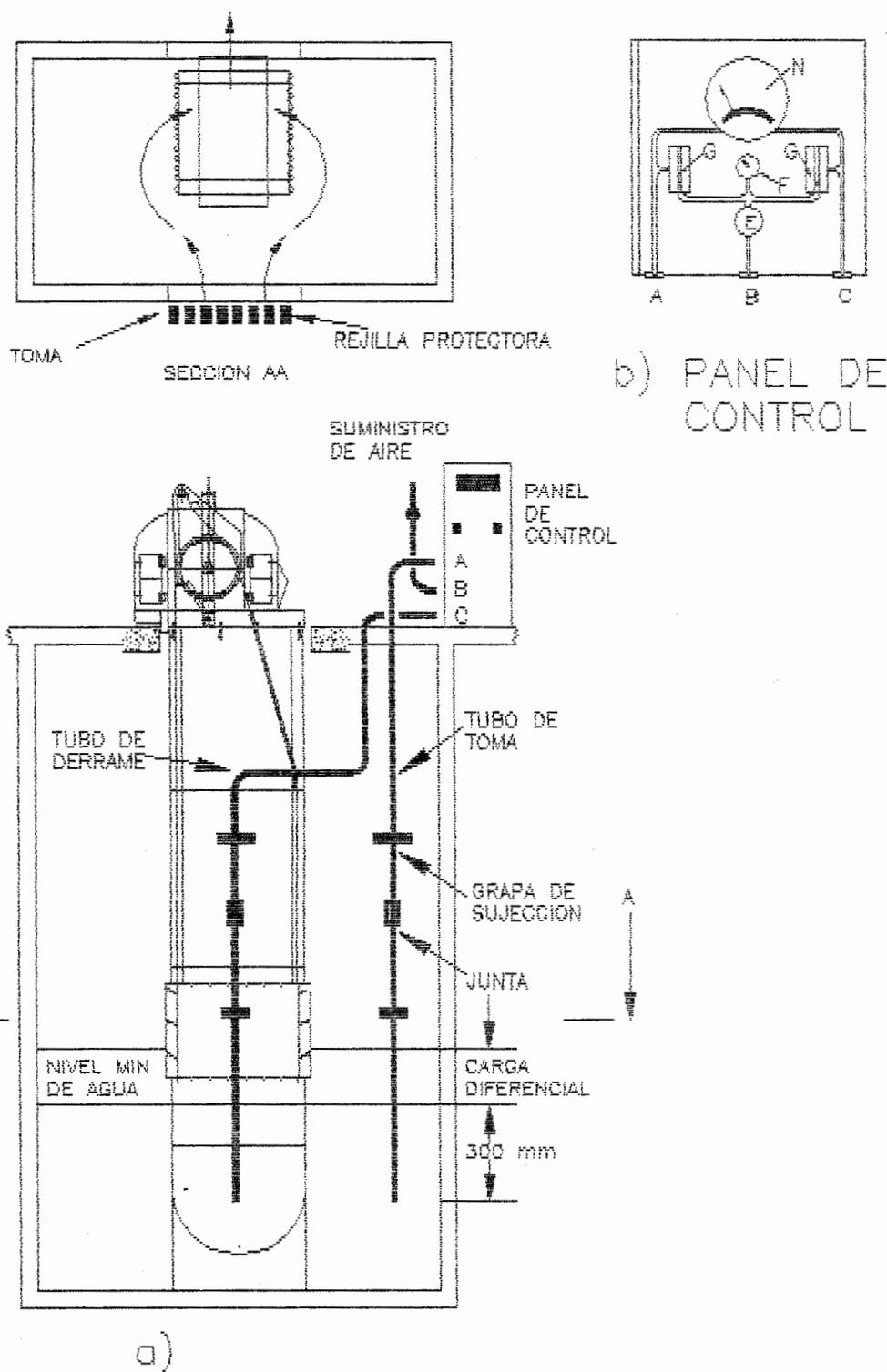


Fig. 3.27 a) Esquema de control de carga diferencial  
b) Esquema del panel de control neumático

adecuada de presión de aire. Cuando se presenta una diferencia de nivel en el agua provocada por la pérdida de carga en los paneles, disminuirá la presión en el tubo de baja y la diferencia de presión impulsará un instrumento de presión diferencial (IDP) que el medidor N. Este medidor se ajusta para los niveles de respuesta de la carga diferencial deseada. Este instrumento es el controlador neumático que trabaja con el sistema electrónico para las operaciones de control.

El sistema de control automático utilizado con el control de carga diferencial comprende:

- Un conmutador selector
- Un temporizador de programa
- Un temporizador de reposición.

El conmutador selector procura los medios para un funcionamiento automático bajo el control del dispositivo de carga diferencial y para arrancar y parar a la rejilla móvil manualmente. El temporizador de reposición procura un funcionamiento automático de la rejilla y del sistema de lavado durante un periodo de tiempo específico después que la

rejilla se ha puesto en marcha al detectarse una carga diferencial predeterminada. Un sistema de temporizadores provee el funcionamiento periódico programado de la rejilla y del sistema de lavado. En funcionamiento automático, en el nivel inferior de respuesta, las bombas de lavado funcionan automáticamente y el temporizador se reajusta. El motor de accionamiento de la rejilla móvil arranca automáticamente cuando un presostato percibe la suficiente presión en la tubería de los rociadores. La función del temporizador comienza cuando la carga diferencial cae por debajo del nivel de respuesta inferior y continua el funcionamiento de la rejilla durante aproximadamente  $1\frac{1}{2}$  de ciclo.

La parte neumática la comprenden:

- Línea de aire B.
- Tubos de purgar A y C (capilar de acero inox.  $\phi = 1/8$  in).
- Medidor de presión diferencial N.
- Medidor de presión de entrada E.

- 2 rotámetros G.
- Indicador de presión F.

Paso 1 ) REQUERIMIENTOS.

a) Medidor N (instrumento diferencial de presión IDP).

De la tabla IV el rango de pérdida de carga para los paneles es:

$\Delta h$ : (26.4, 598)mm; nivel de agua mínimo: 3680 mm.

En base a este rango, el ajuste del medidor N se hará:

- para nivel de respuesta baja: 50 mm H<sub>2</sub>O.
- para nivel de respuesta alta: 200 mm H<sub>2</sub>O.

Con esto garantizamos que los paneles no estarán sometidos a la máxima carga de agua.

b) MEDIDOR E (regulador de presión).

De acuerdo a la FMC, el medidor E se debe ajustar hasta que el indicador F muestre una lectura Kg/cm<sup>2</sup> igual al 10% de la máxima profundidad del nivel de agua en metros sobre el fondo de las tuberías de purgar, es decir:

$$p = 0.1(N_{\max} - N_{\min} + 0.3)0.1$$

$$p = 0.1(9.47 - 3.68 + 0.3)0.1$$

$$p = 0.07 \text{ Kg/cm}^2 (0.067 \text{ bar}).$$

## Paso 2) SELECCION DE INSTRUMENTOS.

Para este rango de presión diferencial, recurrimos a una empresa especialista en controles neumáticos. En INSETEC (FESTO), nos asesoraron para la selección de los instrumentos adecuados, los mismos que son:

- Instrumento diferencial de control (IDP) tipo VPEV-1/8 con  
rango: -0.2 bar a 1.6 bar.
- Regulador tipo LRP-1/4-0.7 con rango: 0.05 bar a 0.7 bar.

Además se incluyen los accesorios (filtro, manómetros, racores, acoplamientos). El esquema y los materiales utilizados se muestran en el plano neumático P-P-002, y su correspondiente lista de materiales.

## LINEA DE AIRE (COMPRESOR).

Se requiere una alimentación neumática muy baja, es decir un compresor pequeño. Para este

requerimiento seleccionamos un compresor PUSKA, tipo S.105.25R con las siguientes características:

Presión: 75-80 psi.

Potencia: 0.5 hp

Capacidad tanque: 60 lt.

#### EQUIPO ELECTRONICO DE CONTROL.

De acuerdo a las características requeridas para el equipo electrónico, recurrimos a una empresa especialista en automatización. En OTESA, nos asesoraron para la selección del equipo electrónico y los planos eléctricos, los mismos que se muestran en las listas de materiales y los planos P-E-001, P-E-002, P-E-003, P-E-004 y P-E-005

## **CAPITULO IV**

#### 4. ANALISIS DE COSTOS.

##### 4.1 COSTOS DE IMPORTACION.

Tomamos como dato cierto el presupuesto No. 1186.792/A presentado por la compañía española TARNOS para el suministro de 4 cribas giratorias mod. 57-W-W de flujo dual de 1830 mm de ancho por 10440 mm de distancia entre centros, presupuesto que corresponde a las especificaciones técnicas 812-272/A-M-SP-002 para la adquisición de 4 cribas para el proyecto "NUEVO SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA CIUDAD DE GUAYAQUIL".

PRESUPUESTO No. 1186.792/A                      FECHA: OCT.10/92.

OFERTA ECONOMICA (Puesto en España, origen del equipo):

|  |                     |
|--|---------------------|
| - 4 REJILLAS móviles con accesorios completos, sistema de lavado, panel de control e ingeniería..... | 54'224.000 Pt       |
| - EMBALAJE MARITIMO.....   | <u>1'520.000 Pt</u> |
| TOTAL .....  | 55'744.000 Pt       |

A este valor, se le agregó por parte de la empresa constructora del proyecto en Guayaquil un equivalente al 65% del costo presupuestado que incluía:

- Dirección y administración
- Movilización
- Gastos generales
- Seguros
- Imprevistos
- Ingeniería
- Beneficios y otros.

COSTO INDIRECTO - 65% - SUBTOTAL.. 36'233600 Pt.

PRECIO TOTAL ..... 91'977.600 Pt.

Esto nos da un costo por criba de 22'994.400 Pt puesta en el sitio de operación. Según las tablas estadísticas de divisas del Banco Central del Ecuador, el dolar se cotizaba en el año 92 a razón de 115 pesetas , actualmente cuesta 130 pesetas, tenemos entonces

COSTO ACTUAL ..... 199951.3 U.S.\$.

#### 4.2 COSTOS DE PRODUCCION LOCAL.

La cantidad total de tiempo requerido para fabricar la criba con todos sus equipamientos se estima en 22 semanas. Esto depende de lo siguiente:

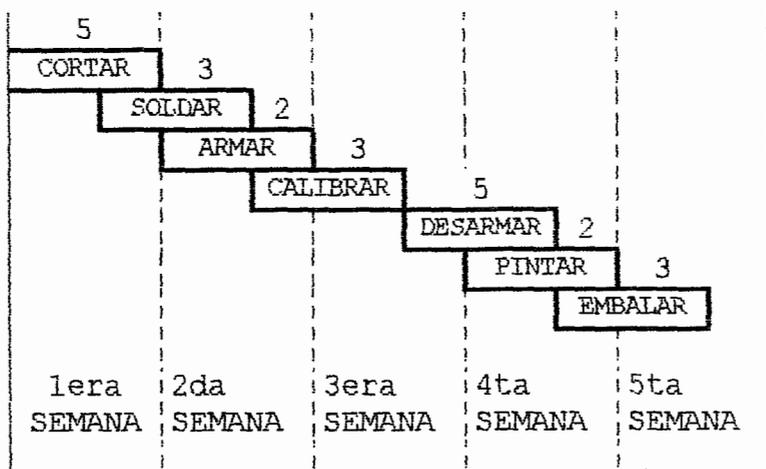
- A. Elaboración de los planos de construcción para su aprobación (después de haber recibido el pedido por parte del cliente).3 semanas.

- B. Revisión y retorno de los planos aprobados por el cliente 3 semanas.
- C. Tiempo de fabricación una vez aprobados los planos por parte del cliente. 17 semanas.

Las 17 semanas se dividen aproximadamente en:

- 12 semanas para adquirir los equipamientos y materiales de la criba.
- 5 semanas para la construcción y embalaje de la criba.

#### CRONOGRAMA DE CONSTRUCCION.



5 SEMANAS A 5 DIAS POR SEMANA POR 11 HORAS POR DIA

De acuerdo a este cronograma de trabajo se requiere un total de 23 días neto de trabajo a razón de 11 horas efectivas por día de trabajo

El costo de la criba construida localmente se presenta en el siguiente preciarío y consta de los siguientes rubros:

Rubro 1. Diseño y construcción de maquina cribadora.

1.1 Estructura.

1.1.1 Sección cabeza.

1.1.2 Sección superior.

1.1.3 Sección intermedia cruzada.

1.1.4 Sección intermedia.

1.1.5 Sección de la base.

1.2 Sistema de filtración.

1.3 Cabezal de mando.

1.4 Sistema de fuerza.

1.5 Sistema de lavado.

1.6 Sistema de control.

1.7 Carcaza

Rubro 1.1 : Estructura

Rubro 1.1.1 : Sección Cabeza

| DESCRIPCION                     | Calidad   | U  | PRECIO UNITARIO |         | Cant | COSTO UNITARIO |         |         |
|---------------------------------|-----------|----|-----------------|---------|------|----------------|---------|---------|
|                                 |           |    | SUCRES          | DOLARES |      | SUCRES         | DOLARES |         |
| Chapa # 10mm 1.5x3 m            | Sae 1010  | Kg | 555             | 0.518   | 290  | 160950         | 150.22  |         |
| Perfil I 100x100x8              | Sae 1010  | m  | 6040            | 5.637   | 15.5 | 93620          | 87.3755 |         |
| Perfil C 50x50x6                | Sae 1010  | m  | 6135            | 5.726   | 6.4  | 39264          | 36.6464 |         |
| Perfil C 50x50x5                | Sae 1010  | m  | 1835            | 1.713   | 1.0  | 1835           | 1.7127  |         |
| Perfil C 200x100x8              | Sae 1010  | m  | 12825           | 11.97   | 6.6  | 84645          | 79.002  |         |
| Perno Anclaje $\Phi$ 7/8" J c/t | AoGo      | u  | 3000            | 2.8     | 8    | 24000          | 22.4    |         |
| Tornillo Nivel. M24x100 c/t     | AISI 304  | u  | 2040            | 2.404   | 4    | 10560          | 9.856   |         |
| Cabezal Apx26T12-5407-10        | COMERCIAL | u  | 669750          | 625.1   | 2    | 133950         | 1250.2  |         |
| Torn. M16x40 cab exag. c/t      | AISI 304  | u  | 1747,5          | 1.631   | 60   | 104850         | 97.86   |         |
| Torn. M12x30 cab exag. c/t.     | AISI 304  | u  | 1005            | 0.938   | 4    | 9020           | 3752    |         |
| Pintura esmalte sintética       | COMERCIAL | gl | 24000           | 22.4    | 2    | 48000          | 44.8    |         |
| Electrodo sold. E6011           | COMERCIAL | Kg | 1500            | 1.4     | 6    | 9000           | 8.4     |         |
| MATERIALES                      |           |    |                 |         |      | SUB-TOTAL      | 1920244 | 1792,22 |

| DESCRIPCION         | Cant   | COSTO HORA |         | HORA | RENDIMIENTO | COSTO UNITARIO |         |       |
|---------------------|--------|------------|---------|------|-------------|----------------|---------|-------|
|                     |        | SUCRES     | DOLARES |      |             | SUCRES         | DOLARES |       |
| Grua 45 ton         | 1      | 15000      | 14      | 110  | 0.125       | 4062500        | 192.5   |       |
| Electrosoldadora    | 1      | 3000       | 2.8     | 55   | 0.125       | 41250          | 38.5    |       |
| Camioneta Pick-up   | 1      | 3000       | 2.8     | 253  | 0.125       | 94875          | 88.55   |       |
| Herramientas varias | GLOBAL | 3000       | 2.8     | 253  | 0.125       | 94875          | 88.55   |       |
| EQUIPOS:            |        |            |         |      |             | SUB-TOTAL      | 437250  | 408.1 |

| DESCRIPCION       | Cant | COSTO HORA |         | HORA | RENDIMIENTO | COSTO UNITARIO |         |         |
|-------------------|------|------------|---------|------|-------------|----------------|---------|---------|
|                   |      | SUCRES     | DOLARES |      |             | SUCRES         | DOLARES |         |
| Supervisor        | 1    | 6000       | 5.6     | 253  | 0.125       | 189750         | 177.1   |         |
| Capataz           | 1    | 4500       | 4.2     | 253  | 0.125       | 142312         | 132.825 |         |
| Soldador Api      | 2    | 3000       | 2.8     | 253  | 0.125       | 189750         | 177.1   |         |
| Ayudante Mecánico | 5    | 1200       | 1.12    | 253  | 0.125       | 189750         | 177.1   |         |
| MANO DE OBRA      |      |            |         |      |             | SUB-TOTAL      | 711562  | 664.12  |
| COSTO DIRECTO     |      |            |         |      |             | SUB-TOTAL      | 3069056 | 2864.44 |

|                              |            |         |
|------------------------------|------------|---------|
| Dirección y Administración   |            |         |
| Movilización                 |            |         |
| Gastos generales             |            |         |
| Seguros                      |            |         |
| Impuestos                    |            |         |
| Imprevistos                  |            |         |
| Ingeniería                   |            |         |
| Beneficios y otros           |            |         |
|                              | SUCRES     | DOLARES |
| Costo Indirecto 65% Subtotal | 1994886.72 | 1861.89 |
| Precio Unitario TOTAL        | 5063943.22 | 4726.34 |

## Rubro 1.1.2 : Sección Superior

| DESCRIPCION                 | Calidad   | U  | PRECIO UNITARIO |         | Cant | COSTO UNITARIO |         |        |         |
|-----------------------------|-----------|----|-----------------|---------|------|----------------|---------|--------|---------|
|                             |           |    | SUCRES          | DOLARES |      | SUCRES         | DOLARES |        |         |
| Perfil L 120X200X120X8      | Sae 1010  | m  | 14220           | 13.272  | 12   | 170640         | 159.266 |        |         |
| Perfil L 60X60X8            | AoGo      | m  | 4345            | 4.056   | 12   | 52140          | 48.67   |        |         |
| Perfil L 60X60X8            | Sae 1010  | m  | 3625            | 3.383   | 1    | 3625           | 3.383   |        |         |
| Chapa # 8mm 1.5x3 m         | Sae 1010  | Kg | 555             | 0.518   | 131  | 72705          | 67.858  |        |         |
| Perfil L 50x50x5            | Sae 1010  | m  | 1835            | 1.713   | 6    | 11010          | 10.278  |        |         |
| Torn. M16x40 cab exag. c/t  | AISI 304  | u  | 1747,5          | 1.631   | 20   | 34950          | 32.62   |        |         |
| Torn. M12x30 cab Avell c/t. | AISI 304  | u  | 1158            | 1.081   | 16   | 18528          | 17.3    |        |         |
| Pintura esmalte sintética   | COMERCIAL | gl | 24000           | 22.4    | 2    | 48000          | 44.8    |        |         |
| Electrodo sold. E6011       | COMERCIAL | Kg | 1500            | 1.4     | 1    | 1500           | 1.4     |        |         |
| MATERIALES                  |           |    |                 |         |      | SUB-TOTAL      |         | 413098 | 385.573 |

| DESCRIPCION         | Cant   | COSTO HORA |         | HORA | RENDIMIENTO | COSTO UNITARIO |         |        |       |
|---------------------|--------|------------|---------|------|-------------|----------------|---------|--------|-------|
|                     |        | SUCRES     | DOLARES |      |             | SUCRES         | DOLARES |        |       |
| Grua 45 ton         | 1      | 15000      | 14      | 110  | 0.075       | 123750         | 115.5   |        |       |
| Electrosoldadora    | 2      | 3000       | 2.8     | 55   | 0.075       | 24750          | 23.1    |        |       |
| Camioneta Pick-up   | 1      | 3000       | 2.8     | 253  | 0.075       | 56925          | 53.13   |        |       |
| Herramientas varias | GLOBAL | 3000       | 2.8     | 253  | 0.075       | 56925          | 53.13   |        |       |
| EQUIPOS:            |        |            |         |      |             | SUB-TOTAL      |         | 262350 | 244.8 |

| DESCRIPCION       | Cant | COSTO HORA |         | HORA | RENDIMIENTO | COSTO UNITARIO |         |         |         |
|-------------------|------|------------|---------|------|-------------|----------------|---------|---------|---------|
|                   |      | SUCRES     | DOLARES |      |             | SUCRES         | DOLARES |         |         |
| Supervisor        | 1    | 6000       | 5.6     | 253  | 0.075       | 113.850        | 106.26  |         |         |
| Capataz           | 1    | 4500       | 4.2     | 253  | 0.075       | 85387.5        | 79.695  |         |         |
| Soldador Api      | 2    | 3000       | 2.8     | 253  | 0.075       | 113850         | 106.26  |         |         |
| Ayudante Mecánico | 5    | 1200       | 1.12    | 253  | 0.075       | 113850         | 106.26  |         |         |
| MANO DE OBRA      |      |            |         |      |             | SUB-TOTAL      |         | 426937  | 398.475 |
| COSTO DIRECTO     |      |            |         |      |             | SUB-TOTAL      |         | 1102385 | 1028.90 |

|                              |            |         |
|------------------------------|------------|---------|
| Dirección y Administración   |            |         |
| Mobilización                 |            |         |
| Gastos generales             |            |         |
| Seguros                      |            |         |
| Impuestos                    |            |         |
| Imprevistos                  |            |         |
| Ingeniería                   |            |         |
| Beneficios y otros           |            |         |
|                              | SUCRES     | DOLARES |
| Costo Indirecto 65% Subtotal | 716550.57  | 668.79  |
| Precio Unitario TOTAL        | 1818936.07 | 1697.69 |

## Rubro 1.1.3 : Sección Intermedia Cruzada

| DESCRIPCION                 | Calidad   | U  | PRECIO UNITARIO |         | Cant | COSTO UNITARIO |         |
|-----------------------------|-----------|----|-----------------|---------|------|----------------|---------|
|                             |           |    | SUCRES          | DOLARES |      | SUCRES         | DOLARES |
| Perfil Z 120x200x120x8      | Sae 1010  | m  | 14220           | 13.272  | 12   | 170640         | 159.264 |
| Perfil L 60x60x8            | AcGo      | m  | 4345            | 4.056   | 12   | 52140          | 48.67   |
| Chapa # 10mm 1.5x3 m        | Sae 1010  | Kg | 555             | 0.518   | 28   | 15540          | 14.504  |
| Perfil L 60x60x8            | Sae 1010  | m  | 3625            | 3.383   | 1    | 3625           | 3.383   |
| Perfil C 150x50x6           | Sae 1010  | m  | 6135            | 5.726   | 8    | 49080          | 45.808  |
| Chapa # 8 mm 1.5x6 m        | Sae 1010  | Kg | 555             | 0.518   | 353  | 195915         | 182.854 |
| Perfil L 50x50x5            | Sae 1010  | m  | 1835            | 1.713   | 24   | 44040          | 41.112  |
| Torn. M16x40 cab exag. c/t  | AISI 304  | u  | 1747,5          | 1.631   | 28   | 48930          | 45.668  |
| Torn. M12x20 cab Avell c/t. | AISI 304  | u  | 1158            | 1.081   | 24   | 21792          | 25.944  |
| Pintura esmalte sintética   | COMERCIAL | gl | 24000           | 22.4    | 2    | 48000          | 44.8    |
| Electrodo sold. E6011       | COMERCIAL | Kg | 1500            | 1.4     | 1    | 1500           | 1.4     |
| MATERIALES SUB-TOTAL        |           |    |                 |         |      | 657202         | 613.407 |

| DESCRIPCION         | Cant   | COSTO HORA |         | HORA | RENDIMIENTO | COSTO UNITARIO |         |
|---------------------|--------|------------|---------|------|-------------|----------------|---------|
|                     |        | SUCRES     | DOLARES |      |             | SUCRES         | DOLARES |
| Grua 45 ton         | 1      | 15000      | 14      | 110  | 0.1         | 165000         | 154     |
| Electrosoldadora    | 2      | 3000       | 2.8     | 55   | 0.1         | 33000          | 30.8    |
| Camioneta Pick-up   | 1      | 3000       | 2.8     | 253  | 0.1         | 75900          | 70.84   |
| Herramientas varias | GLOBAL | 3000       | 2.8     | 253  | 0.1         | 75900          | 70.84   |
| EQUIPOS: SUB-TOTAL  |        |            |         |      |             | 349800         | 826.48  |

| DESCRIPCION             | Cant | COSTO HORA |         | HORA | RENDIMIENTO | COSTO UNITARIO |         |
|-------------------------|------|------------|---------|------|-------------|----------------|---------|
|                         |      | SUCRES     | DOLARES |      |             | SUCRES         | DOLARES |
| Supervisor              | 1    | 6000       | 5.6     | 253  | 0.1         | 151800         | 141.68  |
| Capataz                 | 1    | 4500       | 4.2     | 253  | 0.1         | 113850         | 106.26  |
| Soldador Api            | 2    | 3000       | 2.8     | 253  | 0.1         | 151800         | 141.68  |
| Ayudante Mecánico       | 5    | 1200       | 1.12    | 253  | 0.1         | 151800         | 141.68  |
| MANO DE OBRA SUB-TOTAL  |      |            |         |      |             | 569250         | 531.3   |
| COSTO DIRECTO SUB-TOTAL |      |            |         |      |             | 1576252        | 1471.18 |

|                              |  |           |         |
|------------------------------|--|-----------|---------|
| Dirección y Administración   |  |           |         |
| Movilización                 |  |           |         |
| Gastos generales             |  |           |         |
| Seguros                      |  |           |         |
| Impuestos                    |  |           |         |
| Imprevistos                  |  |           |         |
| Ingeniería                   |  |           |         |
| Beneficios y otros           |  |           |         |
|                              |  | SUCRES    | DOLARES |
| Costo Indirecto 65% Subtotal |  | 1024563.8 | 956.715 |
| Precio Unitario TOTAL        |  | 2600815.8 | 2427.45 |

## Rubro 1.1.4 : Sección Intermedia

| DESCRIPCION                | Calidad   | U  | PRECIO UNITARIO |         | Cant | COSTO UNITARIO |         |         |
|----------------------------|-----------|----|-----------------|---------|------|----------------|---------|---------|
|                            |           |    | SUCRES          | DOLARES |      | SUCRES         | DOLARES |         |
| Perfil Z 120x200x120x8     | Sae 1010  | m  | 14220           | 13.272  | 12   | 170640         | 159.264 |         |
| Perfil L 60x60x8           | AoGo      | m  | 4345            | 4.056   | 12   | 52140          | 48.67   |         |
| Chapa # 10mm 1.5x3 m       | Sae 1010  | Kg | 555             | 0.518   | 31   | 17205          | 16.058  |         |
| Perfil L 60x60x8           | Sae 1010  | m  | 3625            | 3.383   | 1    | 3625           | 3.383   |         |
| Perfil C 150x50x6          | Sae 1010  | m  | 6135            | 5.726   | 8    | 49080          | 45.808  |         |
| Chapa # 8 mm 1.5x3 m       | Sae 1010  | Kg | 555             | 0.518   | 353  | 195915         | 182.854 |         |
| Perfil L 50x50x6           | Sae 1010  | m  | 1835            | 1.713   | 12   | 22020          | 20.556  |         |
| Torn. M16x40 cab exag. c/t | AISI 304  | u  | 1747,5          | 1.631   | 28   | 48930          | 45.668  |         |
| Torn. M12x2 cab avell c/t. | AISI 304  | u  | 1158            | 1.081   | 24   | 27792          | 25.944  |         |
| Pintura esmalte sintética  | COMERCIAL | gl | 24000           | 22.4    | 2    | 48000          | 44.8    |         |
| Electrodo sold. E6011      | COMERCIAL | Kg | 1500            | 1.4     | 1    | 1500           | 1.4     |         |
| MATERIALES                 |           |    |                 |         |      | SUB-TOTAL      | 1920244 | 1792,22 |

| DESCRIPCION         | Cant   | COSTO HORA |         | HORA | RENDIMIENTO | COSTO UNITARIO |         |        |
|---------------------|--------|------------|---------|------|-------------|----------------|---------|--------|
|                     |        | SUCRES     | DOLARES |      |             | SUCRES         | DOLARES |        |
| Grua 45 ton         | 1      | 15000      | 14      | 110  | 0.075       | 123750         | 115.5   |        |
| Electrosoldadora    | 2      | 3000       | 2.8     | 55   | 0.075       | 24750          | 23.1    |        |
| Camioneta Pick-up   | 1      | 3000       | 2.8     | 253  | 0.075       | 56925          | 53.13   |        |
| Herramientas varias | GLOBAL | 3000       | 2.8     | 253  | 0.075       | 56925          | 53.13   |        |
| EQUIPOS:            |        |            |         |      |             | SUB-TOTAL      | 262350  | 244.86 |

| DESCRIPCION       | Cant | COSTO HORA |         | HORA | RENDIMIENTO | COSTO UNITARIO |         |         |
|-------------------|------|------------|---------|------|-------------|----------------|---------|---------|
|                   |      | SUCRES     | DOLARES |      |             | SUCRES         | DOLARES |         |
| Supervisor        | 1    | 6000       | 5.6     | 253  | 0.075       | 123750         | 115.5   |         |
| Capataz           | 1    | 4500       | 4.2     | 253  | 0.075       | 24750          | 23.1    |         |
| Soldador Api      | 2    | 3000       | 2.8     | 253  | 0.075       | 56925          | 53.13   |         |
| Ayudante Mecánico | 5    | 1200       | 1.12    | 253  | 0.075       | 56925          | 53.13   |         |
| MANO DE OBRA      |      |            |         |      |             | SUB-TOTAL      | 262350  | 244.86  |
| COSTO DIRECTO     |      |            |         |      |             | SUB-TOTAL      | 1326134 | 1237.74 |

|                              |  |            |          |
|------------------------------|--|------------|----------|
| Dirección y Administración   |  |            |          |
| Movilización                 |  |            |          |
| Gastos generales             |  |            |          |
| Seguros                      |  |            |          |
| Impuestos                    |  |            |          |
| Imprevistos                  |  |            |          |
| Ingeniería                   |  |            |          |
| Beneficios y otros           |  | SUCRES     | DOLARES  |
| Costo Indirecto 65% Subtotal |  | 861987.42  | 804.531  |
| Precio Unitario TOTAL        |  | 2188121.92 | 2042.271 |

## Rubro 1.1.5 : Sección de la Base

| DESCRIPCIÓN                 | Calidad   | U  | PRECIO UNITARIO |         | Cant | COSTO UNITARIO |         |
|-----------------------------|-----------|----|-----------------|---------|------|----------------|---------|
|                             |           |    | SUCRES          | DOLARES |      | SUCRES         | DOLARES |
| Perfil Z 120x200x120x8      | Sae 1010  | m  | 14220           | 13.272  | 10   | 142200         | 132.72  |
| Perfil L 60x60x8            | AoGo      | m  | 4345            | 4.056   | 10   | 43950          | 40.56   |
| Chapa # 10mm 1.5x3 m        | Sae 1010  | Kg | 555             | 0.518   | 93   | 51615          | 48.174  |
| Perfil C 60x60x8            | Sae 1010  | m  | 3625            | 3.383   | 6    | 21750          | 20.298  |
| Perfil C 150x50x6           | Sae 1010  | m  | 6135            | 5.726   | 8    | 49080          | 45.808  |
| Chapa # 10mm 1.5x6m         | Sae 1010  | Kg | 555             | 0.518   | 340  | 188700         | 176.12  |
| Perfil C 50x50x5            | Sae 1010  | m  | 1835            | 1.713   | 15   | 27525          | 25.695  |
| Torn. M16x40 cab exag. c/t  | AISI 304  | u  | 1747,5          | 1.631   | 16   | 27960          | 26.096  |
| Torn. M12x20 cab avell c/t. | AISI 304  | u  | 1158            | 1.081   | 22   | 25476          | 23.782  |
| Pintura esmalte sintética   | COMERCIAL | gl | 24000           | 22.4    | 2    | 48000          | 44.8    |
| Electrodo sold. E6011       | COMERCIAL | Kg | 1500            | 1.4     | 1    | 1500           | 1.4     |
| MATERIALES SUB-TOTAL        |           |    |                 |         |      | 627256         | 585.453 |

| DESCRIPCIÓN         | Cant   | COSTO HORA |         | HORA | RENDIMIENTO | COSTO UNITARIO |         |
|---------------------|--------|------------|---------|------|-------------|----------------|---------|
|                     |        | SUCRES     | DOLARES |      |             | SUCRES         | DOLARES |
| Grúa 45 ton         | 1      | 15000      | 14      | 110  | 0.125       | 2062500        | 192.5   |
| Electrosoldadora    | 2      | 3000       | 2.8     | 55   | 0.125       | 41250          | 38.5    |
| Camioneta Pick-up   | 1      | 3000       | 2.8     | 253  | 0.125       | 94875          | 88.55   |
| Herramientas varias | GLOBAL | 3000       | 2.8     | 253  | 0.125       | 94875          | 88.55   |
| EQUIPOS: SUB-TOTAL  |        |            |         |      |             | 437250         | 408.1   |

| DESCRIPCIÓN             | Cant | COSTO HORA |         | HORA | RENDIMIENTO | COSTO UNITARIO |         |
|-------------------------|------|------------|---------|------|-------------|----------------|---------|
|                         |      | SUCRES     | DOLARES |      |             | SUCRES         | DOLARES |
| Supervisor              | 1    | 6000       | 5.6     | 253  | 0.125       | 189750         | 177.1   |
| Capataz                 | 1    | 4500       | 4.2     | 253  | 0.125       | 142312         | 132.825 |
| Soldador Api            | 2    | 3000       | 2.8     | 253  | 0.125       | 189750         | 177.1   |
| Ayudante Mecánico       | 5    | 1200       | 1.12    | 253  | 0.125       | 189750         | 177.1   |
| MANO DE OBRA SUB-TOTAL  |      |            |         |      |             | 711562         | 664.12  |
| COSTO DIRECTO SUB-TOTAL |      |            |         |      |             | 1776068        | 1657.67 |

|                              |  |             |           |
|------------------------------|--|-------------|-----------|
| Dirección y Administración   |  |             |           |
| Movilización                 |  |             |           |
| Gastos generales             |  |             |           |
| Seguros                      |  |             |           |
| Impuestos                    |  |             |           |
| Imprevistos                  |  |             |           |
| Ingeniería                   |  |             |           |
| Beneficios y otros           |  |             |           |
|                              |  | SUCRES      | DOLARES   |
| Costo Indirecto 65% Subtotal |  | 1154444.525 | 1077.4907 |
| Precio Unitario TOTAL        |  | 2930513.025 | 2735.1687 |

## RUBRO 1.1 ESTRUCTURA

|                       |             |            |
|-----------------------|-------------|------------|
| Precio Unitario TOTAL | 14602330.05 | 13628.9369 |
|-----------------------|-------------|------------|

## Rubro 1.2 : Sistema de Filtración

| DESCRIPCION                 | Calidad   | U    | PRECIO UNITARIO |         | Cant | COSTO UNITARIO |          |         |
|-----------------------------|-----------|------|-----------------|---------|------|----------------|----------|---------|
|                             |           |      | SUCRES          | DOLARES |      | SUCRES         | DOLARES  |         |
| Perfil L 100x100x8          | Sae 1010  | m    | 3625            | 3.383   | 155  | 561875         | 524.365  |         |
| Chapa # 10mm 1.5x3 m        | Sae 1010  | Kg   | 555             | 0.518   | 412  | 228660         | 213.416  |         |
| Chapa # 10mm 1.5x3 m        | Sae 1010  | Kg   | 555             | 0.518   | 573  | 318015         | 296.814  |         |
| Malla WGW # 16              | AISI 304  | m    | 96000           | 89.6    | 82   | 7872000        | 7347.2   |         |
| Torn. M12x30 cab hongo c/t  | AISI 304  | u    | 1158            | 1.081   | 1462 | 1692996        | 1580.42  |         |
| Cadena WAC 15041 STY.L izq. | COMERCIAL | glob | 8256000         | 7705.6  | 1    | 8256000        | 7705.6   |         |
| Cadena WAC 15041 STY.L der. | COMERCIAL | glob | 8256000         | 7705.6  | 1    | 8256000        | 7705.6   |         |
| Pintura esmalte sintética   | COMERCIAL | gl   | 24000           | 22.4    | 15   | 360000         | 336      |         |
| Electrodo sold. E6011       | COMERCIAL | Kg   | 1500            | 1.4     | 10   | 15000          | 14       |         |
| MATERIALES                  |           |      |                 |         |      | SUB-TOTAL      | 27560546 | 25723.4 |

| DESCRIPCION         | Cant   | COSTO HORA |         | HORA | RENDIMIENTO | COSTO UNITARIO |         |       |
|---------------------|--------|------------|---------|------|-------------|----------------|---------|-------|
|                     |        | SUCRES     | DOLARES |      |             | SUCRES         | DOLARES |       |
| Grúa 45 ton         | 1      | 15000      | 14      | 110  | 0.25        | 412500         | 385     |       |
| Electrosoldadora    | 2      | 3000       | 2.8     | 55   | 0.25        | 82500          | 77      |       |
| Camioneta Pick-up   | 1      | 3000       | 2.8     | 253  | 0.25        | 189750         | 177.1   |       |
| Herramientas varias | GLOBAL | 3000       | 2.8     | 253  | 0.25        | 189750         | 177.1   |       |
| EQUIPOS:            |        |            |         |      |             | SUB-TOTAL      | 874500  | 816.2 |

| DESCRIPCION       | Cant | COSTO HORA |         | HORA | RENDIMIENTO | COSTO UNITARIO |         |         |
|-------------------|------|------------|---------|------|-------------|----------------|---------|---------|
|                   |      | SUCRES     | DOLARES |      |             | SUCRES         | DOLARES |         |
| Supervisor        | 1    | 6000       | 5.6     | 253  | 0.25        | 379500         | 354.2   |         |
| Capataz           | 1    | 4500       | 4.2     | 253  | 0.25        | 284625         | 265.65  |         |
| Soldador Api      | 2    | 3000       | 2.8     | 253  | 0.25        | 379500         | 354.2   |         |
| Ayudante Mecánico | 5    | 1200       | 1.12    | 253  | 0.25        | 379500         | 354.2   |         |
| MANO DE OERA      |      |            |         |      |             | SUB-TOTAL      | 1423125 | 1328.25 |
| COSTO DIRECTO     |      |            |         |      |             | SUB-TOTAL      | 2985817 | 27867.8 |

|                              |  |             |            |
|------------------------------|--|-------------|------------|
| Dirección y Administración   |  |             |            |
| Movilización                 |  |             |            |
| Gastos generales             |  |             |            |
| Seguros                      |  |             |            |
| Impuestos                    |  |             |            |
| Imprevistos                  |  |             |            |
| Ingeniería                   |  |             |            |
| Beneficios y otros           |  |             |            |
|                              |  | SUCRES      | DOLARES    |
| Costo Indirecto 65% Subtotal |  | 19407811.15 | 18114.1025 |
| Precio Unitario TOTAL        |  | 49265982.15 | 45981.9525 |

## Rubro 1.3 : Cabezal de mando

| DESCRIPCION                      | Calidad   | U  | PRECIO UNITARIO |         | Cant | COSTO UNITARIO |         |
|----------------------------------|-----------|----|-----------------|---------|------|----------------|---------|
|                                  |           |    | SUCRES          | DOLARES |      | SUCRES         | DOLARES |
| Barra Acero $\phi$ 126 mm Mecan. | Sae 1045  | m  | 287912          | 268.72  | 255  | 734175.6       | 685.23  |
| Cañeria $\phi$ 300 astm gr-b     | Sae 1010  | m  | 51000           | 47.6    | 2    | 102000         | 95.2    |
| Chapa # 20mm 1.5x3 m             | Sae 1010  | Kg | 555             | 0.518   | 314  | 174270         | 162.652 |
| Bocin Rex Tipo P                 | COMERCIAL | u  | 67500           | 63      | 2    | 135000         | 126     |
| Chapa # 10mm 1.5x3 m             | Sae 1010  | Kg | 555             | 0.518   | 14   | 7770           | 7.252   |
| Chapa # 30mm 1.5x3 m             | Sae 1010  | Kg | 555             | 0.518   | 116  | 64380          | 60.1    |
| Diente Nylon                     | COMERCIAL | u  | 28186.5         | 26.307  | 12   | 338238         | 315.684 |
| Torn. M12x60 cab exag. c/t       | AISI 304  | u  | 1758            | 1.081   | 24   | 27792          | 25.944  |
| Pintura esmalte sintética        | COMERCIAL | Gl | 24000           | 22.4    | 1    | 24000          | 5.6     |
| Electrodo sold. E6011            | COMERCIAL | Kg | 1500            | 1.4     | 4    | 6000           | 22.4    |
| Catal Cad. Trans Rex 160C55      | COMERCIAL | u  | 1114380         | 1040.1  | 2    | 2228760        | 2080.17 |
| MATERIALES SUB-TOTAL             |           |    |                 |         |      | 3842385        | 3586.23 |

| DESCRIPCION         | Cant   | COSTO HORA |         | HORA | RENDIMIENTO | COSTO UNITARIO |         |
|---------------------|--------|------------|---------|------|-------------|----------------|---------|
|                     |        | SUCRES     | DOLARES |      |             | SUCRES         | DOLARES |
| Grúa 45 ton         | 1      | 15000      | 14      | 110  | 0.1         | 165000         | 154     |
| Electrosoldadora    | 2      | 3000       | 2.8     | 55   | 0.1         | 33000          | 30.8    |
| Camioneta Pick-up   | 1      | 3000       | 2.8     | 253  | 0.1         | 75900          | 70.84   |
| Herramientas varias | GLOBAL | 3000       | 2.8     | 253  | 0.1         | 75900          | 70.84   |
| EQUIPOS: SUB-TOTAL  |        |            |         |      |             | 349800         | 326.48  |

| DESCRIPCION             | Cant | COSTO HORA |         | HORA | RENDIMIENTO | COSTO UNITARIO |         |
|-------------------------|------|------------|---------|------|-------------|----------------|---------|
|                         |      | SUCRES     | DOLARES |      |             | SUCRES         | DOLARES |
| Supervisor              | 1    | 6000       | 5.6     | 253  | 0.1         | 151800         | 141.68  |
| Capataz                 | 1    | 4500       | 4.2     | 253  | 0.1         | 113850         | 106.26  |
| Soldador Api            | 2    | 3000       | 2.8     | 253  | 0.1         | 151800         | 141.68  |
| Ayudante Mecánico       | 5    | 1200       | 1.12    | 253  | 0.1         | 151800         | 141.68  |
| MANO DE OBRA SUB-TOTAL  |      |            |         |      |             | 569250         | 531.3   |
| COSTO DIRECTO SUB-TOTAL |      |            |         |      |             | 4761435        | 4444.01 |

|                              |  |            |          |
|------------------------------|--|------------|----------|
| Dirección y Administración   |  |            |          |
| Movilización                 |  |            |          |
| Gastos generales             |  |            |          |
| Seguros                      |  |            |          |
| Impuestos                    |  |            |          |
| Imprevistos                  |  |            |          |
| Ingeniería                   |  |            |          |
| Beneficios y otros           |  |            |          |
| Costo Indirecto 65% Subtotal |  | SUCRES     | DOLARES  |
|                              |  | 3094933.14 | 2888.612 |
| Precio Unitario TOTAL        |  | 7856368.74 | 7332.63  |

## Rubro 1.4 : Sistema de Fuerza

| DESCRIPCION                  | Calidad   | U  | PRECIO UNITARIO |         | Cant | COSTO UNITARIO |         |         |
|------------------------------|-----------|----|-----------------|---------|------|----------------|---------|---------|
|                              |           |    | SUCRES          | DOLARES |      | SUCRES         | DOLARES |         |
| Motoreductor 5 hp            | COMERCIAL | U  | 2594625         | 2421.65 | 1    | 2594625        | 2421.65 |         |
| Cadena de trans. Rex 3160    | COMERCIAL | m  | 77865           | 72.693  | 3    | 233655         | 218.08  |         |
| Piñón -Motriz 16039          | COMERCIAL | U  | 72750           | 67.9    | 1    | 72750          | 67.9    |         |
| piñón Tensor 160B            | COMERCIAL | U  | 72750           | 67.9    | 1    | 72750          | 67.9    |         |
| Pin Seguro para piñón Motriz | COMERCIAL | U  | 9281.25         | 8.66    | 1    | 9281.25        | 8.66    |         |
| Pintura esmalte sintética    | COMERCIAL | gl |                 |         |      |                |         |         |
| Electrodo sold. E6011        | COMERCIAL | Kg |                 |         |      |                |         |         |
| MATERIALES                   |           |    |                 |         |      | SUB-TOTAL      | 2983061 | 2784.19 |

| DESCRIPCION         | Cant   | COSTO HORA |         | HORA | RENDIMIENTO | COSTO UNITARIO |         |        |
|---------------------|--------|------------|---------|------|-------------|----------------|---------|--------|
|                     |        | SUCRES     | DOLARES |      |             | SUCRES         | DOLARES |        |
| Grúa 45 ton         | 1      | 15000      | 14      | 110  | 0.05        | 82500          | 77      |        |
| Electrosoldadora    | 2      | 3000       | 2.8     | 55   | 0.05        | 16500          | 15.4    |        |
| Camioneta Pick-up   | 1      | 3000       | 2.8     | 253  | 0.05        | 37950          | 35.42   |        |
| Herramientas varias | GLOBAL | 3000       | 2.8     | 253  | 0.05        | 37950          | 35.42   |        |
| EQUIPOS:            |        |            |         |      |             | SUB-TOTAL      | 174900  | 163.24 |

| DESCRIPCION       | Cant | COSTO HORA |         | HORA | RENDIMIENTO | COSTO UNITARIO |         |         |
|-------------------|------|------------|---------|------|-------------|----------------|---------|---------|
|                   |      | SUCRES     | DOLARES |      |             | SUCRES         | DOLARES |         |
| Supervisor        | 1    | 6000       | 5.6     | 253  | 0.05        | 75900          | 70.84   |         |
| Capataz           | 1    | 4500       | 4.2     | 253  | 0.05        | 56925          | 53.13   |         |
| Soldador          | 2    | 3000       | 2.8     | 253  | 0.05        | 75900          | 70.84   |         |
| Ayudante Mecánico | 5    | 1200       | 1.12    | 253  | 0.05        | 75900          | 265.65  |         |
| MANO DE OBRA      |      |            |         |      |             | SUB-TOTAL      | 284625  | 664.12  |
| COSTO DIRECTO     |      |            |         |      |             | SUB-TOTAL      | 3442586 | 3213.08 |

|                              |  |             |          |
|------------------------------|--|-------------|----------|
| Dirección y Administración   |  |             |          |
| Movilización                 |  |             |          |
| Gastos generales             |  |             |          |
| Seguros                      |  |             |          |
| Impuestos                    |  |             |          |
| Imprevistos                  |  |             |          |
| Ingeniería                   |  |             |          |
| Beneficios y otros           |  | SUCRES      | DOLARES  |
| Costo Indirecto 65% Subtotal |  | 2237681.063 | 2088.902 |
| Precio Unitario TOTAL        |  | 5680267.313 | 5301.582 |

## Rubro 1.5 : Sistema de Lavado

| DESCRIPCION                  | Calidad   | U  | PRECIO UNITARIO |         | Cant | COSTO UNITARIO |         |
|------------------------------|-----------|----|-----------------|---------|------|----------------|---------|
|                              |           |    | SUCRES          | DOLARES |      | SUCRES         | DOLARES |
| Bomba worthington TIP 81s-15 | COMERCIAL | Kg | 8048029         | 7511.5  | 1    | 8048029        | 7511.5  |
| Val. compuerta 2 1/2 "RF 150 | COMERCIAL | m  | 12000           | 11.2    | 1    | 12000          | 11.2    |
| Brida roscada 3" std 150 lb  | AoGo      | m  | 9240            | 8.624   | 1    | 9240           | 8.624   |
| Brida rosc. 2 1/2" 150 lb    | AoGo      | m  | 8613            | 8.04    | 4    | 34452          | 32.16   |
| Red 3"x 2 1/2" 150 lb        | AoGo      | m  | 8613            | 8.04    | 1    | 8613           | 8.04    |
| Codo 90 ROSCA HEMBRA 2 1/2   | AoGo      | u  | 3382.5          | 3.157   | 2    | 6765           | 6.314   |
| Tubo acero 2 1/2 ASTM SCH 90 | AoGo      | u  | 4500            | 4.2     | 7.2  | 32400          | 30.24   |
| Junta Espiromet 3" 150 lb    |           | u  | 1500            | 1.4     | 1    | 1500           | 1.4     |
| Junta Espiromet 3" 150 lb    |           | u  | 1500            | 1.4     | 3    | 4500           | 4.2     |
| Tornillo Hexag 5/8" x 60     | AISI 304  | u  | 1600            | 1.5     | 4    | 6400           | 6       |
| Esparrago 5/8" x 70 c/2 T    | AISI 304  | u  | 1650            | 1.54    | 12   | 19800          | 18.48   |
| Tobera de rociar             | COMERCIAL | u  | 49140           | 45.864  | 8    | 39312          | 366.912 |
| Esparrago "U" 5/8" 73 c/2 T  | AoGo      | gl | 1650            | 1.54    | 8    | 13200          | 12.32   |
| Te 2 1/2" 150 lb             | AoGo      | u  | 3521.1          | 3.286   | 1    | 3521.1         | 3.286   |
| Brida Ciega Rosc. 2 1/2" 150 | AoGo      | u  | 6600            | 6.16    | 2    | 13200          | 12.32   |
| Chapa # 10 mm                | Sae 1010  | m  | 555             | 0.518   | 5    | 2775           | 2.6     |
| Electrodo Soldadura E 6011   | COMERCIAL | Kg |                 |         |      |                |         |
| Pintura esmalte sintetico    | COMERCIAL | Gl | 24000           | 22.4    | 1    | 24000          | 22.4    |
| MATERIALES SUB-TOTAL         |           |    |                 |         |      | 8633515        | 8057.99 |

| DESCRIPCION         | Cant   | COSTO HORA |         | HORA | RENDIMIENTO | COSTO UNITARIO |         |
|---------------------|--------|------------|---------|------|-------------|----------------|---------|
|                     |        | SUCRES     | DOLARES |      |             | SUCRES         | DOLARES |
| Grúa 45 ton         | 1      | 15000      | 14      | 110  | 0.125       | 82500          | 77      |
| Electrosoldadora    | 1      | 3000       | 2.8     | 55   | 0.125       | 16500          | 15.4    |
| Camioneta Pick-up   | 1      | 3000       | 2.8     | 253  | 0.125       | 37950          | 35.42   |
| Herramientas varias | GLOBAL | 3000       | 2.8     | 253  | 0.125       | 37950          | 35.42   |
| EQUIPOS: SUB-TOTAL  |        |            |         |      |             | 174900         | 163.24  |

| DESCRIPCION             | Cant | COSTO HORA |         | HORA | RENDIMIENTO | COSTO UNITARIO |         |
|-------------------------|------|------------|---------|------|-------------|----------------|---------|
|                         |      | SUCRES     | DOLARES |      |             | SUCRES         | DOLARES |
| Supervisor              | 1    | 6000       | 5.6     | 253  | 0.05        | 75900          | 70.84   |
| Capataz                 | 1    | 4500       | 4.2     | 253  | 0.05        | 56925          | 53.13   |
| Soldador                | 2    | 3000       | 2.8     | 253  | 0.05        | 75900          | 70.84   |
| Ayudante Mecánico       | 5    | 1200       | 1.12    | 253  | 0.05        | 75900          | 70.84   |
| MANO DE OBRA SUB-TOTAL  |      |            |         |      |             | 184625         | 265.65  |
| COSTO DIRECTO SUB-TOTAL |      |            |         |      |             | 9093040        | 8486.88 |

|   |  |             |           |
|---|--|-------------|-----------|
| Dirección y Administración<br>Movilización<br>Gastos generales<br>Seguros<br>Impuestos<br>Imprevistos<br>Ingeniería<br>Beneficios y otros |  | SUCRES      | DOLARES   |
| Costo Indirecto 65% Subtotal  |  | 5910476.105 | 5516.476  |
| Precio Unitario TOTAL   |  | 15003516.5  | 14003.362 |

## Rubro 1.6 : Sistema de Control

| DESCRIPCION                   | Calidad   | U    | PRECIO UNITARIO |          | Cant | COSTO UNITARIO |         |
|-------------------------------|-----------|------|-----------------|----------|------|----------------|---------|
|                               |           |      | SUCRES          | DOLARES  |      | SUCRES         | DOLARES |
| SIST. NEUM. CONTROL (FESTO)   | COMERCIAL | glob | 1067353         | 996.2    | 1    | 1067353        | 996.2   |
| SIST. ELEC. CONTROL (SIEMENS) | COMERCIAL | glob | 2282610         | 2130.436 | 1    | 2282610        | 2130.43 |
| COMPRESOR 1/2" HP             | COMERCIAL | U    | 330000          | 308      | 1    | 3679963        | 308     |
| MATERIALES SUB-TOTAL          |           |      |                 |          |      | 367996         | 3434.63 |

|                              |         |         |
|------------------------------|---------|---------|
| MANO DE OBRA 10 % MATERIALES | 367996. | 343.463 |
|------------------------------|---------|---------|

|                         |         |        |
|-------------------------|---------|--------|
| COSTO DIRECTO SUB-TOTAL | 4097959 | 3778.1 |
|-------------------------|---------|--------|

|   |  |            |          |
|---|--|------------|----------|
| Dirección y Administración<br>Movilización<br>Gastos generales<br>Seguros<br>Impuestos<br>Imprevistos<br>Ingeniería<br>Beneficios y otros |  | SUCRES     | DOLARES  |
| Costo Indirecto 65% Subtotal  |  | 263173.54  | 2455.765 |
| Precio Unitario TOTAL   |  | 6679132.84 | 6233.864 |

## Rubro 1.7 : Carcaza

|                         |        |     |
|-------------------------|--------|-----|
| COSTO DIRECTO SUB-TOTAL | 600000 | 560 |
|-------------------------|--------|-----|

|   |  |        |         |
|---|--|--------|---------|
| Dirección y Administración<br>Movilización<br>Gastos generales<br>Seguros<br>Impuestos<br>Imprevistos<br>Ingeniería<br>Beneficios y otros |  | SUCRES | DOLARES |
| Costo Indirecto 65% Subtotal  |  | 390000 | 364     |
| Precio Unitario TOTAL   |  | 990000 | 924     |

## RUBRO 1 DISEÑO Y CONSTRUCCION DE MAQUINA CRIBADORA

| SUCRES       | DOLARES    |
|--------------|------------|
| 100'077597.6 | 93406.3274 |

El costo total de la criba en sucres y en dolares es :

| SUCRES (100 %) | DOLARES (100%) |
|----------------|----------------|
| 333' 594026,4  | 133437.6106    |

#### 4.3 COMPARACION DE COSTOS.

Comparando el costo de importación con el de producción local resulta que el precio de una criba hecha en el país equivale al 66.73% del valor de una importada, es decir, 166.3 millones de sucres menos por unidad. Pero esta diferencia evidentemente sería mayor si es que se tratara de una empresa dedicada a la fabricación de tales equipos en donde con un buen plan de producción se minimizarían los costos de construcción y se optimizaría el aprovechamiento del material, etc. El costo de importación se asume constante ya que es un valor mínimo tomando en cuenta que la empresa fabricante (TARNOS), es especializada en estos equipos y seguramente han optimizado sus costos. De la sección 4.1 (costos de importación), apreciamos que el costo real por criba

construida en España es de US \$ 121182.62, mientras que su costo puesto en Ecuador se dispara debido al fuerte 65% que se diluye entre aranceles de importación, seguros de viaje, aduanas, intermediarios, etc. Esto significa que si una empresa con la infraestructura técnica requerida operara en el país, estaríamos hablando de un precio por criba fabricada equivalente al 60.6% del valor de una importada, es decir, 197 millones menos por unidad. En cifras:

| PROCEDENCIA | COSTO UNITARIO |          |
|-------------|----------------|----------|
|             | SUCRES         | DOLARES  |
| IMPORTADA   | 499' 877250    | 199951.3 |
| NACIONAL    | 333' 594026    | 133437.6 |

## CONCLUSIONES

Si bien es cierto que de los resultados obtenidos en el capítulo 4 sección 4.3, la construcción de cribas en el país es por demás rentable aún cuando solo sean unidades por pedido, resulta mucho más rentable cuando el constructor se convierte en un fabricante no solo de cribas sino también de otros equipos del área tales como cribadoras de sólidos, alimentadores, tamices, transportadores, elevadores, desmoldeadores de fundición, mesas vibrantes, niveles de tolvas, alimentación automática de piezas, pesaje automático, dosificación, transporte y equipos de automatización, es decir tener toda una infraestructura técnica y económica que le permita al fabricante disponer de adecuados sistemas de optimización de la producción que represente una rentabilidad segura tanto más si sabemos que en el Ecuador no existe ninguna empresa dedicada a esta actividad.

Por lo tanto en esta parte del trabajo demostramos lo que habíamos planteado en la sección 2.3 del capítulo 2, sobre la conveniencia de fabricar localmente las cribas ya que

tales equipos por ser muy pesados ven su costo final elevado grandemente por los rubros de importación y no tanto por sus materiales en si. Esto es, una criba importada cuesta casi el doble a una fabricada localmente y ambas con la misma fiabilidad.

También cumplimos con otro de los puntos principales de este trabajo, el cual es aportar con la tecnología del diseño de estos sistemas de cribado. Se tomaron para cada una de las partes diseñadas el adecuado valor del coeficiente de seguridad lo cual nos permite concluir que el sistema diseñado tiene tanta fiabilidad como los construidos por las empresas especializadas.

Otra de las expectativas que se tenía en el transcurso del desarrollo de este trabajo era establecer hasta que punto las distribuidoras nacionales podrían abastecernos de los componentes del sistema de cribas. En las cotizaciones efectuadas se logró establecer que el mercado nacional cuenta con la suficiente capacidad para garantizar que una empresa constructora de cribas opere sin riesgos por falta de suministros.

## **PLANOS**

## PLANOS

| PLANO N°    | DENOMINACION                             |
|-------------|--|
| P-G-001     | CONJUNTO GENERAL DE LA CRIBA             |
| P-M-001     | CONJUNTO PANEL                           |
| P-M-002     | CONJUNTO CABEZAL DE MANDO                |
| P-M-003-1/6 | CONJUNTO GENERAL DE LA ESTRUCTURA        |
| P-M-003-2/6 | CONJUNTO SECCION CABEZA                  |
| P-M-003-3/6 | CONJUNTO SECCION SUPERIOR                |
| P-M-003-4/6 | CONJUNTO SECCION INTERMEDIA CRUZADA      |
| P-M-003-5/6 | CONJUNTO SECCION INTERMEDIA              |
| P-M-003-6/6 | CONJUNTO SECCION FONDO                   |
| P-P-001     | CONJUNTO SISTEMA DE LAVADO               |
| P-P-002     | SISTEMA NEUMATICO DE CONTROL DE LA CRIBA |
| P-E-001-1/5 | SISTEMA CABLEADO FUERZA, ARMARIO         |
| P-E-001-2/5 | ELECTRICO Y NEUMATICO DE BOMBA           |
| P-E-001-3/5 | Y REJILLA MOVIL                          |
| P-E-001-4/5 |  |
| P-E-001-5/5 |  |

## **LISTAS DE MATERIALES**

|        |      |                                   |            |          |       |       |
|--------|------|-----------------------------------|------------|----------|-------|-------|
| 8      | 24   | TORNILLO CAB. AVELL M12X60 C/T.   | AISI 304   | 24       | 24    | U     |
| 7      | 12   | DIENTES NYLON                     | NYLON      | 12       | 12    | U     |
| 6      | 12   | CHAPA CUAD. 205x30                | SAE-1010   | 2.4      | 2.4   | M     |
| 5      | 12   | CHAPA CUAD. 100x10                | SAE-1010   | 1.68     | 1.68  | M     |
| 4      | 2    | BOCIN REX TIPO P                  | COMERCIAL  | 2        | 2     | U     |
| 3      | 2    | CHAPA DE ACERO DIA 20 mm          | SAE-1010   | 2        | 2     | M2    |
| 2      | 1    | CANERIA DIA 300 mm                | SAE-1010   | 1.9      | 1.9   | M     |
| 1      | 1    | BARRA ACERO DIA 125 mm Mecanizada | SAE-1045   | 2.55     | 2.55  | M     |
| Pes    | Cant | Descripción                       | CALIDAD    | Parcial  | Total | Unid. |
|        |      |                                   |            | CANTIDAD |       |       |
| PARTES |      |                                   | MATERIALES |          |       |       |

LISTA DE MATERIALES DE CONJUNTO CABEZAL DE  
MANDO (P-M-002)

| 26     | 4    | TORNILLO NIV. M24x100 C/EXAG.; c/T. | AISI-304   | 4        | 4     | U     |
|--------|------|-------------------------------------|------------|----------|-------|-------|
| 25     | 4    | TORNILLO M12x30 C/EXAG.; c/T.       | AISI-304   | 4        | 4     | U     |
| 24     | 2    | PLATINA CUAD. 100x10 (100x200)      | SAE-1010   | 0.4      | 7.0   | M     |
| 23     | 2    | PERFIL C200x100x8; L = 403.8 mm     | SAE-1010   | 0.81     | 6.6   | M     |
| 22     | 60   | TORNILLO M18x40 C/EXAG.; c/T.       | AISI-304   | 60       | 60    | U     |
| 21     | 8    | PERNO ANCLAJE DIAM 7/8" x 8"        | Ao Go      | 8        | 8     | U     |
| 20     | 2    | PLATINA CUAD. 150x10 (100x50)       | SAE-1010   | 0.1      |       | M     |
| 19     | 2    | PERFIL L50x50x6; L=2130 mm          | SAE-1010   | 1.0      | 1.0   | M     |
| 18     | 4    | PLATINA CUAD. 200x10 (200x200)      | Ao Go      | 0.8      | 5.38  | M     |
| 17     | 2    | PERFIL C200x100x8; L = 2150 mm      | SAE-1010   | 4.3      |       | M     |
| 16     | 2    | PERFIL L100x100x8; L=1088 mm        | SAE-1010   | 2.18     | 15.5  | M     |
| 15     | 4    | PLATINA CUAD. 100x10 (100x140)      | SAE-1010   | 0.56     |       | M     |
| 14     | 2    | PERFIL L100x100x8; L=2130 mm        | SAE-1010   | 4.3      |       | M     |
| 13     | 6    | PLATINA CUAD. 100x10 (100x150)      | SAE-1010   | 0.9      |       | M     |
| 12     | 3    | PERFIL C150x50x6; L = 2130 mm       | SAE-1010   | 6.4      | 6.4   | M     |
| 11     | 2    | CAB. ELEVADORAS ZGT-12-5407Y-10     | COMERCIAL  | 2        | 2     | U     |
| 10     | 2    | PLATINA CUAD. 280x10 (100x200)      | SAE-1010   | 0.4      |       | M     |
| 9      | 2    | PERFIL C200x100x8; L = 727.25 mm    | SAE-1010   | 1.46     |       | M     |
| 8      | 2    | PERFIL L100x100x8; L = 727.25 mm    | SAE-1010   | 1        |       | M     |
| 7      | 2    | PERFIL L100x100x8; L = 500 mm       | SAE-1010   | 1.2      |       | M     |
| 6      | 4    | PERFIL L100x100x8; L = 1700 mm      | SAE-1010   | 6.8      |       | M     |
| 5      | 2    | PLATINA CUAD. 280x10 (200x2270)     | SAE-1010   | 4.54     | 7.36  | M     |
| 4      | 8    | PLATINA CUAD. 280x10 (280x190)      | SAE-1010   | 1.52     |       | M     |
| 3      | 2    | PLATINA CUAD. 200x10 (200x2280)     | SAE-1010   | 4.56     |       | M     |
| 2      | 2    | PLATINA CUAD. 100x10 (100x2280)     | SAE-1010   | 4.58     |       | M     |
| 1      | 4    | PLATINA CUAD. 260x10 (260x325)      | SAE-1010   | 1.3      |       | M     |
| Pos    | Cont | Descripcion                         | CALIDAD    | CANTIDAD |       | Unid. |
|        |      |                                     |            | Parcial  | Total |       |
| PARTES |      |                                     | MATERIALES |          |       |       |

LISTA DE MATERIALES DE CONJUNTO SECCION  
CABEZA (P-M-003-2/6)

|        |      |                                  |            |          |       |       |
|--------|------|----------------------------------|------------|----------|-------|-------|
| 9      | 16   | TORNILLO M12x20 C/avellan; c/T.  | AISI-304   | 16       | 16    | U     |
| 8      | 20   | TORNILLO M16x40 C/Exog.; c/T.    | AISI-304   | 20       | 20    | U     |
| 7      | 2    | PERFIL L50x50x5; L = 1770 mm     | SAE-1010   | 3,54     | 5,77  | M     |
| 6      | 2    | PERFIL L50x50x5; L = 1115 mm     | SAE-1010   | 2,23     |       | M     |
| 5      | 1    | PLANCHA 1.5x6 mt; e = 8mm        | SAE-1010   | 1,87     | 1,87  | M     |
| 4      | 8    | PERFIL L80x80x8; L = 104 mm      | SAE-1010   | 0,832    | 0,832 | M     |
| 3      | 2    | PERFIL L80x80x8; L = 3086,3 mm   | SAE-1010   | 6,2      | 12,2  | M     |
| 2      | 2    | PERFIL L80x80x8; L = 3000 mm     | Ao Go      | 6        |       | M     |
| 1      | 4    | PERFIL Z120x200x120x8 mm; L=3000 | SAE-1010   | 12       | 12    | M     |
| Pos    | Cant | Descripcion                      | CALIDAD    | Parcial  | Total | Unid. |
|        |      |                                  |            | CANTIDAD |       |       |
| PARTES |      |                                  | MATERIALES |          |       |       |

LISTA DE MATERIALES DE CONJUNTO SECCION  
SUPERIOR (P-M-003-3/6)

|        |      |                                  |            |          |       |       |
|--------|------|----------------------------------|------------|----------|-------|-------|
| 13     | 24   | TORNILLO M12x20 C/avell.; c/T.   | AISI-304   | 24       | 24    | U     |
| 12     | 28   | TORNILLO M16x40 C/Exag.; c/T.    | AISI-304   | 28       | 28    | U     |
| 11     | 4    | PLATINA CUAD. 100x10             | SAE-1010   | 0.4      | 0.4   | M     |
| 10     | 4    | PERFIL L50x50x5; L = 1725 mm     | SAE-1010   | 12.3     | 23.61 | M     |
| 9      | 3    | PERFIL L50x50x5; L = 1770 mm     | SAE-1010   | 5.31     |       | M     |
| 8      | 2    | PERFIL L50x50x5; L = 1885 mm     | SAE-1010   | 6        |       | M     |
| 7      | 2    | PLANCHA 1.5x5 mt; e = 6mm        | SAE-1010   | 3.74     | 3.74  | M     |
| 6      | 2    | PERFIL C150x50x6; L = 2064 mm    | SAE-1010   | 4.13     | 7.77  | M     |
| 5      | 2    | PERFIL C150x50x6; L = 1816 mm    | SAE-1010   | 3.64     |       | M     |
| 4      | 8    | PERFIL L80x80x8; L = 104 mm      | SAE-1010   | 0.832    | 0.832 | M     |
| 3      | 4    | PLATINA CUAD. 250x10             | SAE-1010   | 1.42     | 1.42  | M     |
| 2      | 4    | PERFIL L80x80x8; L = 3000 mm     | Ao Go      | 12       | 12    | M     |
| 1      | 4    | PERFIL Z120x200x120xB mm; L=3000 | SAE-1010   | 12       | 12    | M     |
| Pos    | Cant | Descripcion                      | CALIDAD    | Parcial  | Total | Unid. |
|        |      |                                  |            | CANTIDAD |       |       |
| PARTES |      |                                  | MATERIALES |          |       |       |

LISTA DE MATERIALES DE CONJUNTO SECCION  
INTERMEDIA CRUZADA (P-M-003-4/6)

|        |      |                                  |            |          |       |       |
|--------|------|----------------------------------|------------|----------|-------|-------|
| 12     | 24   | TORNILLO M12x20 C/avell.; c/T.   | AISI-304   | 24       | 24    | U     |
| 11     | 28   | TORNILLO M16x40 C/Exog.; c/T.    | AISI-304   | 28       | 28    | U     |
| 10     | 4    | PLATINA CUAD. 110x10;            | SAE-1010   | 0.4      | 0.4   | M     |
| 9      | 2    | PERFIL L 50x50x8; L = 1770 mm    | SAE-1010   | 5.31     | 11.31 | M     |
| 8      | 1    | PERFIL L 50x50x8; L = 3000 mm    | SAE-1010   | 6        |       | M     |
| 7      | 2    | PLANCHA 1.5x6 mt; e = 8mm        | SAE-1010   | 3.74     | 3.74  | M     |
| 6      | 2    | PERFIL C 150x50x8; L = 2064 mm   | SAE-1010   | 4.13     | 7.77  | M     |
| 5      | 2    | PERFIL C 150x50x8; L = 1816 mm   | SAE-1010   | 3.84     |       | M     |
| 4      | 14   | PERFIL L 80x80x8; L = 104 mm     | SAE-1010   | 0.832    | 0.832 | M     |
| 3      | 4    | PLATINA CUAD. 250x10             | SAE-1010   | 1.42     | 1.42  | M     |
| 2      | 4    | PERFIL L 80x80x8; L = 3000 mm    | Ao Go      | 12       | 12    | M     |
| 1      | 4    | PERFIL Z120x200x120x8 mm; L=3000 | SAE-1010   | 12       | 12    | M     |
| Pos    | Cant | Descripcion                      | CALIDAD    | Parcial  | Total | Unid. |
|        |      |                                  |            | CANTIDAD |       |       |
| PARTES |      |                                  | MATERIALES |          |       |       |

LISTA DE MATERIALES DE CONJUNTO SECCION  
INTERMEDIA (P-M-003-5/6)

|        |      |                                   |            |         |       |       |
|--------|------|-----------------------------------|------------|---------|-------|-------|
| 16     | 2    | PERFIL L 60x60x8; L=2064 mm       | SAE-1010   | 4.13    | 8     | M     |
| 15     | 22   | TORNILLO M12x20 C/avellan; c/T.   | AISI-304   | 22      | 22    | U     |
| 14     | 16   | TORNILLO M16x40 C/Exag; c/T.      | AISI-304   | 16      | 16    | U     |
| 13     | 4    | PLATINA CUAD. 110x40              | SAE-1010   | 0.24    | 0.24  | M     |
| 12     | 1    | PLATINA CUAD. 112x10; L=3666.7 mm | SAE-1010   | 7.13    | 7.13  | M     |
| 11     | 2    | PERFIL L 50x50x5; L = 1725 mm     | SAE-1010   | 3.45    | 14.3  | M     |
| 10     | 4    | PERFIL L 50x50x5; L = 1770 mm     | SAE-1010   | 7.08    |       | M     |
| 9      | 2    | PERFIL L 50x50x5; L = 1885 mm     | SAE-1010   | 3.77    |       | M     |
| 8      | 1    | PLANCHA 1.5x6 mt; e = 8mm         | SAE-1010   | 1.24    | 3.6   | M     |
| 7      | 2    | PLANCHA 1.5x6 mt; e = 8mm         | SAE-1010   | 2.35    |       | M     |
| 6      | 2    | PERFIL C 150x50x8; L = 2064 mm    | SAE-1010   | 4.13    | 7.77  | M     |
| 5      | 2    | PERFIL C 150x50x8; L = 1818 mm    | SAE-1010   | 3.64    |       | M     |
| 4      | 14   | PERFIL L 60x60x8; L = 104 mm      | SAE-1010   | 1.46    |       | M     |
| 3      | 4    | PLATINA CUAD. 250x10              | SAE-1010   | 1.42    | 1.42  | M     |
| 2      | 2    | PERFIL L 80x80x8; L = 4851.88 mm  | Ao Go      | 9.31    | 9.31  | M     |
| 1      | 4    | PERFIL Z120x200x120x8 mm; L=2455  | SAE-1010   | 9.92    | 9.92  | M     |
| Pos    | Cont | Descripcion                       | CALIDAD    | Parcial | Total | Unid. |
|        |      |                                   | CANTIDAD   |         |       |       |
| PARTES |      |                                   | MATERIALES |         |       |       |

LISTA DE MATERIALES DE CONJUNTO SECCION  
FONDO (P-M-003-6/6)

|        |      |                                       |            |          |       |       |
|--------|------|---------------------------------------|------------|----------|-------|-------|
| 19     | 2    | BRIDA CIEGA ROSCADA 2 1/2"            | SAE 1010   | 2        | 2     | U     |
| 18     | 1    | Tee 2 1/2" 150Lb                      | COMERCIAL  | 1        | 1     | U     |
| 17     | 8    | ESPARRAGO 5/8"x70 C/2 TUERCA INOX 304 | AISI-304   | 8        | 8     | U     |
| 16     | 8    | BOQUILLA ROZIADORA                    | AISI-304   | 8        | 8     | U     |
| 15     | 2    | TUBO ACERO 2 1/2" ASTM sch40 L=870    | COMERCIAL  | 2        | 2     | M     |
| 14     | 1    | TUBO ACERO 2 1/2" ASTM sch40 L=835    | COMERCIAL  | 1        | 1     | M     |
| 13     | 1    | TUBO ACERO 2 1/2" ASTM SCH L =1990    | COMERCIAL  | 1        | 1     | M     |
| 12     | 12   | ESPARRAGO 5/8"x70 CON TUERCA INOX 304 | COMERCIAL  | 12       | 12    | U     |
| 11     | 4    | TORNILLO EXAG. 5/8"x60 INOX. 304      | COMERCIAL  | 4        | 4     | U     |
| 10     | 3    | JUNTA ESPIROMET 2 1/2" 150Lb          | SAE 1010   | 3        | 3     | U     |
| 9      | 1    | JUNTA ESPIROMET 3" 150Lb              | SAE 1010   | 1        | 1     | U     |
| 8      | 2    | TUBO ACERO 3" ASTM sch40 L=500        | AISI-304   | 2        | 2     | M     |
| 7      | 1    | TUBO ACERO 2 1/2" ASTM sch40 L=8200   | AISI-304   | 1        | 1     | M     |
| 6      | 2    | CORD 90 ROSCA HEMBRA 2 1/2"           | COMERCIAL  | 2        | 2     | U     |
| 5      | 1    | TUERCA REDUCC. MACHO-HEMBRA 3"x2 1/2" | COMERCIAL  | 1        | 1     | U     |
| 4      | 4    | BRIDA ROSCADA 2 1/2" STD 150 Lb       | SAE 1010   | 4        | 4     | U     |
| 3      | 1    | BRIDA ROSCADA 3" STD 150 Lb           | SAE 1010   | 1        | 1     | U     |
| 2      | 1    | VALVULA DE COMPUERTA 2 1/2" RF 150 Lb | COMERCIAL  | 1        | 1     | U     |
| 1      | 1    | BOMBA WORTHINGTON TIPO SLS-15         | COMERCIAL  | 1        | 1     | U     |
| Pos    | Cant | Descripción                           | CALIDAD    | Parcial  | Total | Unid. |
|        |      |                                       |            | CANTIDAD |       |       |
| PARTES |      |                                       | MATERIALES |          |       |       |

LISTA DE MATERIALES DE CONJUNTOS SISTEMA DE LAVADO (P-P-001)

|        |      |                                 |            |          |       |       |
|--------|------|---------------------------------|------------|----------|-------|-------|
| 9      | 1    | CANERIA DIA 1/4"                | ASTM-A334  | 3        | 3     | M     |
| 8      | 1    | CAPILAR DIA 1/8"                | AISI-304   | 14       | 28    | M     |
| 7      | 1    | CAPILAR DIA 1/8"                | AISI-304   | 14       | 14    | M     |
| 6      | 1    | I.D.P. 30-20; 0-20 CH 120V/60 H | COMERCIAL  | 1        | 1     | U     |
| 5      | 2    | ROTAMETRO RMA-BV-RKA 0.2 A 25FH | COMERCIAL  | 2        | 2     | U     |
| 4      | 1    | MANOMETRO 318.10/C              | COMERCIAL  | 1        | 1     | U     |
| 3      | 1    | REGULADOR R-11-200-RNMD         | COMERCIAL  | 1        | 1     | U     |
| 2      | 1    | FILTRO AUTOMATICO F-11-200-ASTD | COMERCIAL  | 1        | 1     | U     |
| 1      | 1    | COMPRESOR TIPO S.105.25R        | COMERCIAL  | 1        | 1     | U     |
| Pos    | Cant | Descripcion                     | CALIDAD    | Parcial  | Total | Unid. |
|        |      |                                 |            | CANTIDAD |       |       |
| PARTES |      |                                 | MATERIALES |          |       |       |

LISTA DE MATERIALES DE SISTEMA NEUMATICO DE CONTROL DE LA CRIBA (P-P-002)

## **ANEXOS**

# Rejillas Móviles - Modelo 57

## Con accionamiento exterior

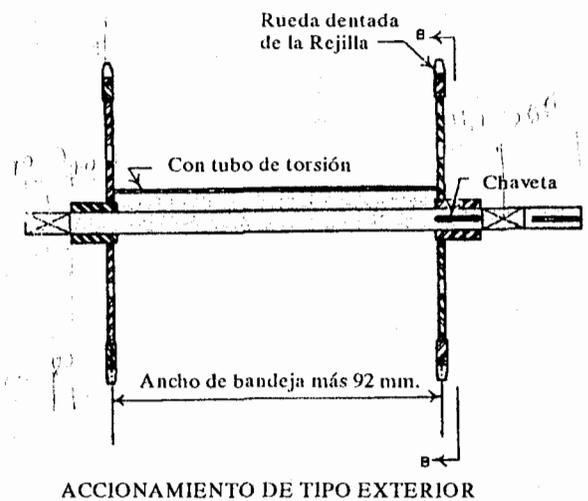
Se aplican los procedimientos y precauciones descritos en el manual para accionamiento interior, pero con las siguientes particularidades:

### PREPARACION DE LA REJILLA MOVIL

### MONTAJE DEL EJE Y SECCION DE CABEZA

Si el eje de cabeza se enviase desmontado véase la figura a continuación, para tipo de accionamiento exterior, y la explicación en el manual de instrucciones, referentes al montaje del eje de cabeza.

Para el montaje de la sección de cabeza, véase la explicación en dicho manual, y la figura 7364 que corresponde al accionamiento interior. Para el accionamiento exterior es similar.

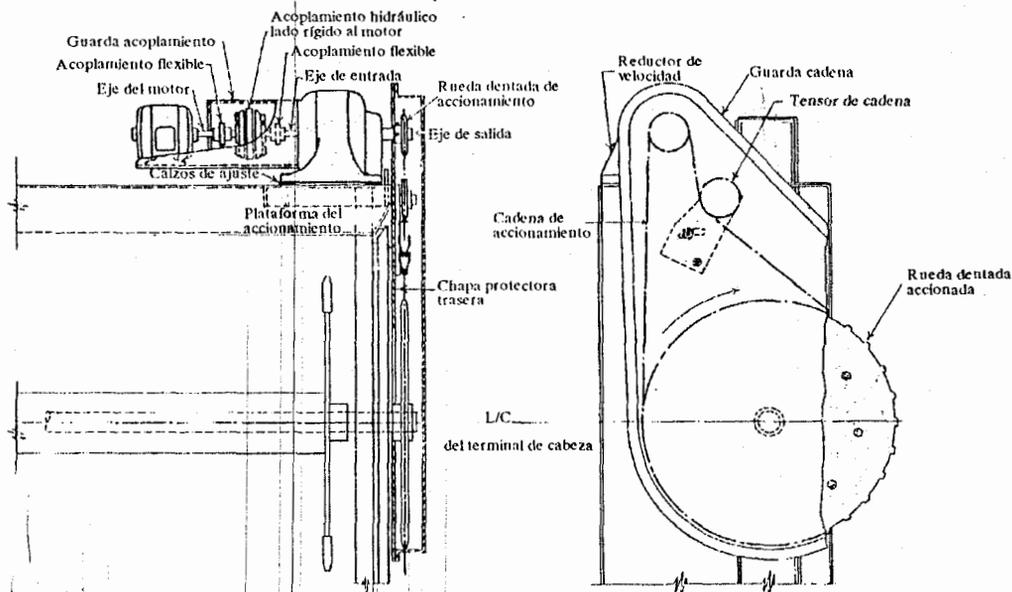


### INSTALACION

#### ACCIONAMIENTO GRUPO ELECTROHIDRAULICO

La sección de cabeza de accionamiento exterior se instala normalmente con el accionamiento montado, aunque sin la rueda dentada de accionamiento, cadena y protección de cadena de accionamiento. La instalación de la sección de cabeza debe comprobarse antes de ponerla en servicio.

1. Atomille el accionamiento en su puesto en la plataforma. Nivele el conjunto y escuádrelo con el eje de cabeza usando como referencia el eje de salida. Si fuese necesario use calzos de ajuste delgados de acero para garantizar un soporte uniforme bajo las cuatro esquinas.
2. Instale la chapa protectora trasera antes de colocar las ruedas dentadas.



Instale las ruedas dentadas de la cadena del accionamiento en el eje de salida y en el eje de cabeza de la Rejilla Móvil. Instale el conjunto tensor de cadena. Alinee las ruedas dentadas y apriete los tornillos opresores para afianzarlas a los ejes respectivos. Instale ahora la cadena del accionamiento.

Compruebe la alineación del motor, acoplamiento hidráulico y los acoplamientos flexibles según se indicó en el manual.

bajo el reductor, si es necesario, para acomodarse a la altura del motor.

Los motores montados independientemente deben ser nivelados, alineados con los reductores y acoplamientos, calzados y atomillados en su sitio como se ha descrito (ver manual) para los accionamientos interiores. Todos los accionamientos deben ser verificados de nuevo para una alineación final según se describe en las anteriores recomendaciones de revisión para las secciones de cabeza con accionamientos montados en fábrica.

## OTROS CONJUNTOS DE ACCIONAMIENTOS

1. Accionamientos con motor montado independientemente.

2. Accionamientos con pasadores de cizallamiento, con motor montado; integral o independientemente.

En todos los casos el reductor de velocidad debe de estar nivelado, alineado, calzado y atomillado en su sitio según se describió (ver manual) para los accionamientos interiores. Si el accionamiento tiene un motor con soporte independiente, la altura del eje del motor debiera comprobarse antes de atomillar el reductor en su posición y añadir calzos de ajuste

Accionamientos con pasador de cizallamiento en el eje de salida reductor de velocidad, en accionamientos de tipo interno o externo.

Si la Rejilla Móvil es de tipo de accionamiento externo, se debe de instalar el guarda cadena trasero portector del accionamiento antes de instalar el manguito pasador de cizallamiento y la rueda dentada.

## PARA TIPO DE PASADOR HORIZONTAL, FIGURA 5772D.

1. Deslice el anillo (portacojinete) de apriete en el eje pero no apriete los tornillos.

2. Deslice el manguito de la rueda dentada en el eje.
3. Deslice el manguito con chavetero en el eje.
4. Deslice la chaveta en su sitio entre el manguito y el eje.
5. Alinee la rueda dentada de accionamiento con la rueda dentada accionada.
6. Deslice el manguito con chavetero y ajuste el anillo (portacojinete) contra el manguito suelto y apriete firmemente los tornillos opresores.
7. Engrase en el dispositivo de engrase del manguito suelto, con pistola de grasa, y gire el manguito en el eje para distribuir la grasa.
8. Instale en ambos manguitos el pasador de cizallamiento apropiado, tomando la precaución de que la parte del cuello esté centrada entre los manguitos.
9. Apriete los tornillos firmemente contra ambos extremos del pasador.

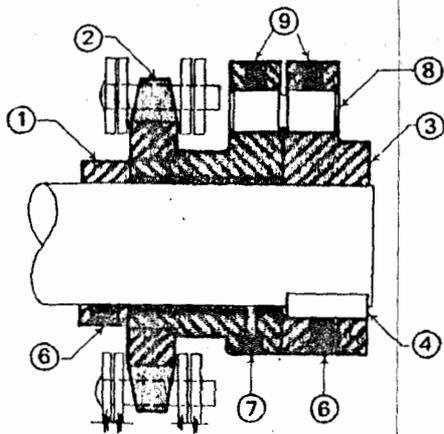


Fig. 5772D

**PARA TIPO DE PASADOR VERTICAL, FIGURA 5772E**

1. Cuando la rueda dentada y el manguito se reciben como un conjunto, deslice el eje con la chaveta en su sitio y alinee la rueda dentada de accionamiento con la rueda dentada accionada.

2. Mida y marque la posición del manguito con chavetero en relación con el extremo del eje.
3. Quite el pasador de cizallamiento y deslice el manguito de la rueda dentada fuera del manguito con chavetero para poder tener acceso a los tornillos sobre el eje.
4. Compruebe que el manguito con chavetero está en el lugar antes medio o señalado, entonces apriete firmemente ambos tornillos contra el eje y la chaveta.
5. Dele una capa de aceite pesado o grasa al exterior del manguito con chavetero, deslice a su sitio el manguito de la rueda dentada e instale el pasador de cizallamiento.
6. Compruebe y asegure que la ranura en el pasador de cizallamiento está centrada en la garganta entre el chavetero y la orejeta del manguito de la rueda dentada, entonces apriete firmemente los tornillos contra ambos extremos del pasador de cizallamiento.
7. Si el pasador de cizallamiento, la rueda dentada y el manguito se recibiesen desmontados, árme los poniendo sin apretar el pasador de cizallamiento en su sitio entonces proceda de acuerdo con las instrucciones anteriores de la 1 a la 6.

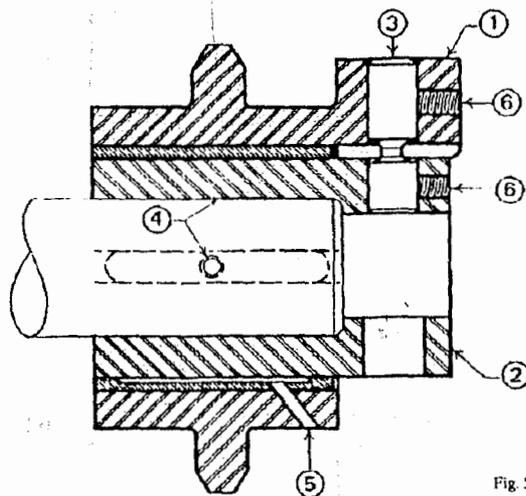


Fig. 5772E

# Rejillas Móviles - Modelo 57

## CONTROL DE CARGA DIFERENCIAL

### FUNCIONAMIENTO

1. El control de carga diferencial es un elemento opcional utilizado para hacer funcionar a la Rejilla Móvil automáticamente cuando la carga diferencial exceda a un ajuste prefijado. Es una unidad independiente para montaje sobre pared o plataforma, ensamblada en fábrica, que sólo necesita una conexión externa a las líneas de energía y de aire en el sitio de la instalación.

2. Se utiliza un sistema de purga de aire para medir la carga diferencial a través de la Rejilla Móvil y procurar los medios para actuar sobre el control. En funcionamiento, el aire se alimenta a través de los extremos abiertos de los tubos sumergidos en el agua a cada lado de la Rejilla Móvil y el flujo del aire va ajustado por medio de reguladores y rotámetros.

3. Cuando se presenta una diferencia de nivel, disminuirá la presión en el tubo de bajada de agua y la diferencia de presión impulsará un instrumento de presión diferencial. Este instrumento de presión diferencial puede ajustarse para corresponder a dos niveles diferentes de diferencia de presión.

4. El sistema de control automático utilizado con el control de carga diferencial comprende un conmutador selector, un temporizador de programa y un temporizador de reposición. El conmutador selector procura los medios para un funcionamiento automático bajo el control del dispositivo de carga diferencial y para arrancar y parar a la Rejilla Móvil manualmente. El temporizador de reposición pro-

cura un funcionamiento automático de la Rejilla del sistema de agua de rociar durante un período de tiempo específico después que la Rejilla se ha puesto en marcha como resultado de una carga diferencial predeterminada. Un sistema de temporizadores provee el funcionamiento periódico programado de la Rejilla y del sistema de agua de rociar incluso aun que la carga diferencial no sea sensible.

5. En un funcionamiento automático, en el nivel inferior de respuesta, la válvula solenoide en las tuberías de rociar, o las bombas de agua de rociar funcionan automáticamente y el temporizador se reajusta. El motor de accionamiento de la Rejilla Móvil arranca automáticamente cuando un presostato percibe la suficiente presión en la tubería de los rociadores. La función del temporizador comienza cuando la carga diferencial cae por debajo del nivel de respuesta inferior, y continúa el funcionamiento de la Rejilla durante aproximadamente uno y un cuarto de ciclo.

6. Si se presentan unas condiciones de residuos extremadamente duras, o la Rejilla Móvil falla a arrancar, la carga diferencial puede que continúe subiendo hasta que alcance el nivel superior de respuesta. Recomendamos al usuario que utilice el segundo nivel para sonar la alarma y desconectar la bombas principales aguas abajo para evitar una excesiva carga diferencial que podría averiar la Rejilla

Cuando el conmutador selector está en una posición manual los controles de carga diferencial son operados, pero funciona la válvula de solenoide o bomba de agua de rociar. El motor de accionamiento de la Rejilla Móvil funciona automáticamente después de que el conmutador de presión recibe la presión suficiente en la tubería de agua de purgar.

Después de utilizarse en la posición manual, vuelva a colocar el conmutador selector en automática de manera que el instrumento pueda controlar el funcionamiento de la Rejilla basándose en la carga diferencial. UN FALLO EN LA RESTITUCIÓN DEL SELECTOR A LA POSICIÓN AUTOMÁTICA QUITA A LA REJILLA MÓVIL LA PROTECCIÓN QUE EL CONTROL DE CARGA DIFERENCIAL PROPORCIONA.

#### INSTALACION - VEA FIGURA 7375

Coloque el panel de control tan cerca de la Rejilla como sea posible. El panel debe de estar bien iluminado, limpio y exento de vibración excesiva y temperaturas extremadas.

Instálese tubos de purgar arriba de corriente de agua y abajo de corriente asegurándose que los extremos inferiores de los tubos estén a la misma altura, y a una profundidad en que los extremos estén sumergidos por lo menos 30 cm. bajo el nivel de agua mínimo cuando las bombas estén en funcionamiento. Afiance los tubos firmemente con abrazaderas adecuadas a las paredes. Asegúrese de que los tubos dejan libre el recorrido de la cadena.

Conecte los tubos de purgar A y C en los dispositivos alto (arriba de corriente) y bajo (abajo de corriente) apropiados en el panel de control. Todas las juntas deben ser herméticas al paso del aire.

4. Conecte el suministro de aire al ajuste B en el panel de control. Asegúrese de que el regulador y los rotámetros en el panel de control están cerrados antes de abrir la válvula principal de suministro de aire.

5. Conecte los tubos de control a los terminales apropiados en el panel de control según se ve en el diagrama de cableado suministrado con el equipo.

#### AJUSTE - VEA FIGURA 5778A

1. Ajuste el medidor N para los niveles de respuesta de la carga diferencial deseada. El ajuste del nivel de respuesta más bajo recomendado es de 5 cm de agua. El ajuste de nivel de respuesta más alto, para la alarma y para la paralización de la bomba, debe de ajustarse para que vaya bien con la respuesta de la paralización de la bomba principal y la capacidad de la Rejilla Móvil.

#### AJUSTE FINAL-CONTROLES NEUMÁTICOS

2. Ajuste el medidor E hasta que el indicador F muestre una lectura kg/cm<sup>2</sup> igual al 10 % de la máxima profundidad del nivel de agua en metros sobre el fondo de las tuberías de purgar.

3. Ajuste las válvulas en los medidores de purgar G de forma que el flotador esté aproximadamente centrado en la escala.

4. Coloque el temporizador de reposición para un período de tiempo lo suficientemente largo que permita a la Rejilla Móvil completar un ciclo y cuarto.

5. Coloque el temporizador de programa para poner en marcha a la Rejilla periódicamente para limpiar las bandejas incluso aunque no exista carga diferencial y para reducir al mínimo los arrastres fluviduales acumulados en la sección de la base. Recomendamos un ajuste de tiempo de 8 a 12 horas.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] TERAN Francisco, "GEOGRAFIA DEL ECUADOR".Editorial Voluntad , 2 da edición, Cuenca, 1983
- [2] CLARK J., VIESSMAN W., " WATER SUPPLY AND POLLUTION CONTROL ", International Textbook Company, 2da. ed., Pennsylvania, 1966.
- [3] VIESSMAN W., HAMMER M., " WATER SUPPLY AND POLLUTION CONTROL ", 4ta. ed., Harper & Row, New York, 1985.
- [4] VON BUCHWALD Otto, "LA TOMA, PLANTA DE PURIFICACION DE AGUA DEL RIO DAULE ",ESPOL, Guayaquil, 1972.
- [5] " TRAVELING WATER SCREENS ", Folleto comercial de la FMC Corporation, Brochure # 710101, U.S.A.
- [6] Especificación tecnica No. 272/A-M-SP-002 Rev. 0, para la provisión de cuatro (4) sistemas de cribas para el proyecto "NUEVO SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA CIUDAD DE GUAYAQUIL", EPAP-G.
- [7] BRAVO Fernando , Tesis : "LAS CONDICIONES HIDROLOGICAS DEL RIO DAULE SECCION: LA TOMA-PUENTE DE LA UNIDAD NACIONAL " ESPOL, 1983

- [8] CARRERA Luis, "LAS OBRAS HIDRAULICAS Y LA SUPERVIVENCIA DEL ECUADOR", Litho Arias Cia. Ltda., Quito, 1972.
- [9] FOX R., MCDONALD A., " INTRODUCCION A LA MECANICA DE FLUIDOS ", 2da. ed. español, McGraw-Hill, Mexico, 1989.
- [10] CATALOGO Comercial de CIMPAC S.A., Guayaquil.
- [11] SHIGLEY J., MISCHKE C., "DISEÑO EN INGENIERIA MECANICA", 4ta. ed. español, MCGRAW-HILL, Mexico, 1990.
- [12] CATALOGO R-100 de la REXNORD Inc.
- [13] CATALOGO 88W-0 de la TSUBAKI Co.
- [14] CATALOGO Comercial de soldaduras AGA, Guayaquil.
- [15] SMEATON Robert, "MOTORES ELECTRICOS: SELECCION, MANTENIMIENTO Y REPARACION", 3V., 2da.ed.,ed. McGraw- Hill, Mexico 1990.
- [16] CATALOGO "SERIES 2000 GEAR PRODUCTS", US Motors, 1991.
- [17] YUAN YU-SIEH, "TEORIA ELEMENTAL DE ESTRUCTURAS", Ed. Prentice Hall Inc., 2da ed. español, Mexico 1987.
- [18] CATALOGO WORTHINGTON
- [19] CATALOGO Comercial de INSETEC (FESTO), Guayaquil.