

41126  
48



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA  
DE  
MÉXICO**

***"IMPLEMENTACIÓN DE UNA BITÁCORA DE  
MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS SISTEMAS  
TOWERBELT Y TOWERCRANE UTILIZADOS EN EL  
PROYECTO HIDROELÉCTRICO DE GARUACHI"***

**TESIS**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**PRESENTA**

**EDGARDO GÓNGORA BLANCAS**

**ASESOR**

**ING. RAÚL BARRÓN VERA**

**SAN JUAN DE ARABÓN, EDO. MEX.  
2003**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# **TESIS CON FALLA DE ORIGEN**

## AGRADECIMIENTOS

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

Valuarte de conocimientos; por haberme permitido crecer como profesionalista y como ser humano.

### A MI QUERIDA MADRE

Mujer valiente y tenaz, por todos sus cuidados y enseñanzas, por su ejemplo de vitalidad y perseverancia ante la vida, por su inquebrantable apoyo y por todo aquello que nunca podré dejar de agradecerle.

### A MI ESPOSA

Por su inmenso cariño y amor, por su apoyo incondicional, por ser mi compañera y alentarme cada día a seguir adelante y por ser ese motivo sin el cual sería más difícil caminar por la vida.

### A MIS HERMANOS

A quienes quiero manifestarles mi apoyo en la realización de sus metas y a quienes agradezco por su apoyo y cariño y por ser parte importante de mi vida.

SINCERAMENTE

EDGARDO GÓNGORA BLANCAS

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## INDICE GENERAL

<b>Agradecimientos</b> .....	i
<b>Introducción</b> .....	1
<b>CAPITULO 1. La energía eléctrica</b> .....	4
1.1 El hombre y los fenómenos electromagnéticos.....	4
1.2 Corriente eléctrica y diferencial de potencial.....	5
1.2.1 Corriente eléctrica.....	5
1.2.2 Diferencia de potencial o voltaje.....	6
1.3 Generación, transmisión, distribución y utilización de la energía eléctrica .....	7
1.3.1 Generación.....	9
1.3.2 Transmisión.....	12
1.3.3 Distribución.....	12
1.3.3.1 Componentes principales de un sistema de distribución..	15
1.3.3.2 Clasificación de los sistemas de distribución.....	15
1.3.4 Utilización.....	18
<b>CAPITULO 2. La hidroelectricidad</b> .....	20
2.1 Historia .....	20
2.2 Centrales hidroeléctricas .....	21
2.3 El desarrollo hidroeléctrico de Venezuela .....	25
2.4 El río Caroní .....	27
2.4.1 Descripción y ubicación del río Caroní.....	28
2.4.2 Potencial hidroeléctrico del río Caroní.....	31
<b>CAPITULO 3. El proyecto hidroeléctrico de Caruachi</b> .....	33
3.1 Ficha técnica del Proyecto Caruachi .....	33
3.2 El contrato 103 - 31 .....	40
3.3 El Consorcio DRAVICA .....	42
3.4 Procedimiento de trabajo .....	45
3.4.1 Sistema de encofrado .....	45

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

3.4.2 Proceso de colocación de cabilla .....	48
3.4.3 Sistema de transportación y colocación de concreto .....	51
<b>CAPITULO 4. Mantenimiento de los equipos Towerbelt y Tower-</b> <b>crane.</b>	<b>57</b>
4.1 Clasificación de la maquinaria.....	57
4.1.1 Programa de mantenimiento de maquinaria .....	59
4.1.2 El programa de mantenimiento preventivo MQ .....	60
4.2 Descripción de los sistemas Towerbelt y Towercrane.....	67
4.2.1 Especificaciones técnicas para el equipo Towercrane.....	69
4.2.2 Especificaciones técnicas para el equipo Towerbelt.....	72
4.3 Mantenimiento preventivo de los sistemas Towerbelt y Towercrane...	76
<b>Conclusiones</b> .....	<b>90</b>
<b>Glosario</b> .....	<b>92</b>
<b>Bibliografía</b> .....	<b>94</b>
<b>Apéndice A</b> .....	<b>95</b>
<b>Apéndice B</b> .....	<b>100</b>

TESIS CON FALLA DE ORIGEN
------------------------------

## INTRODUCCION

En el mundo globalizado de nuestros días la competencia por los mercados y el liderazgo en la producción y venta de bienes y servicios, obligan a las naciones a buscar el aprovechamiento de los recursos naturales, humanos y tecnológicos de forma cada vez más eficiente.

El desarrollo humano en todas las áreas de la ciencia es cada día más impresionante, el hombre ha realizado descubrimientos tecnológicos y científicos inimaginables, los cuales no hubiesen sido posibles si él, como parte de un entorno natural, no hubiera logrado comprender, dominar y poner a su servicio todos aquellos fenómenos naturales mediante los cuales ha podido sustentar su desarrollo actual.

Uno de los principales fenómenos que le ha permitido al hombre lograr tal grado de desarrollo es el electromagnetismo, a partir de éste, el ser humano ha generado, controlado y utilizado un tipo de energía que le permite mover máquinas, sistemas y dispositivos encaminados a facilitar su vida diaria; me refiero desde luego a la energía eléctrica.

El dominio de la electricidad es relativamente reciente (poco más de cien años), pero su aprovechamiento ha sido vertiginoso y le ha traído consecuencias importantes al hombre, por mencionar sólo una tenemos la Revolución Industrial; ésta a su vez, desencadenó un sin fin de sucesos históricos palpables hasta nuestros días.

El presente trabajo aborda aspectos sobresalientes de la generación, utilización e importancia de la energía eléctrica, así como los procedimientos y maquinarias utilizadas para construir una planta generadora de electricidad y en particular se conforma una bitácora con los aspectos más generales a considerar en el mantenimiento preventivo de un conjunto electromecánico conformado por una grúa tipo torre "Towercrane" y un conjunto de bandas transportadoras "Towerbelt"; elementos indispensables para los trabajos de construcción de la planta generadora mencionada.

En este documento reflejo además mi experiencia como Ingeniero Mecánico Electricista, adquirida al participar de forma directa en el desarrollo de este proyecto hidroeléctrico.

Este trabajo está compuesto de cuatro capítulos; el primero de ellos lleva como título "**La energía eléctrica**" y se refiere en forma general a conceptos básicos para el mejor entendimiento del tema en referencia, también se incluye el tema de generación, transmisión y utilización de la

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



electricidad como aspecto práctico para comprender la importancia de este tipo de energía.

**“La hidroelectricidad”** es el título del segundo capítulo, en el cual se hace mención a las diferentes formas de generación de la electricidad, así como el funcionamiento básico de una planta hidroeléctrica y su importancia ecológica; se resaltan aspectos importantes de la capacidad hidroeléctrica de Venezuela, país en el cual se desarrolló la construcción de dicho proyecto; se enuncian también, aspectos importantes de la fuente de energía potencial necesaria para el funcionamiento de éste tipo de planta generadora; en este caso el río Caroni.

El tercer capítulo describe de forma detallada **“El proyecto hidroeléctrico de Caruachi”**, se menciona la organización y administración de los recursos materiales y humanos destinados para tal efecto, además señalo en forma sintetizada los procedimientos de trabajo realizados en campo para llevar a cabo la construcción de ésta planta generadora.

El cuarto capítulo **“Mantenimiento de los equipos Towerbelt y Towercrane”**, contiene la parte central de este trabajo; la implementación de la bitácora de mantenimiento para dichos equipos cuya utilización es indispensable en los trabajos de construcción del complejo hidroeléctrico de Caruachi, además se describen las especificaciones técnicas de éstos sistemas electromecánicos.

Una vez establecidos los alcances de este documento, no me queda más que hacer la invitación a continuar con la lectura esperando sinceramente que la información aquí contenida sea de interés y utilidad, no sólo a técnicos e ingenieros; sino a todas aquellas personas interesadas en la temática aquí expuesta.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

1

# LA ENERGIA ELÉCTRICA

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# 1. LA ENERGÍA ELÉCTRICA

## 1.1 El hombre y los fenómenos electromagnéticos

En los inicios de la historia, el hombre sorprendido y temeroso, se refugiaba ante la furia de la naturaleza desatada; la consideraba castigo de los dioses. Pasaron los siglos y se empezaron a construir monumentos en honor a esas deidades como el arreglo de grandes piedras en Inglaterra; muchos siglos después se levantaron grandes templos en Grecia para los dioses como Zéus, después llamado Júpiter por los romanos. Así mientras algunos pueblos concedían a lo inexplicable naturaleza superior, algunas personas se dedicaban a investigar y recopilar datos de sus observaciones, que al correr de los siglos se convirtió en las bases de la ciencia y del conocimiento estructurado de los fenómenos electromagnéticos.

Algunos de los científicos que contribuyeron notablemente a desarrollar las bases para comprender los fenómenos magnéticos y eléctricos fueron:

El científico griego Tales de Mileto, observó en el año 600 A.C. que al frotar ámbar con piel, el ámbar atraía pequeños pedazos de piel, papel o tela; actualmente ese fenómeno de atracción de los cuerpos es bien conocido.

El físico francés Charles Coulomb (1736 - 1806) descubrió la ley que establece la fuerza de atracción y repulsión entre cargas eléctricas (Ley de Coulomb).

Sin embargo, fue hasta 1819 cuando el danés Christian Oersted observó que al pasar una corriente eléctrica por un conductor, en torno a este se producía un campo magnético. En otras palabras, Oersted encontró que la corriente eléctrica y los fenómenos magnéticos estaban relacionados.

El descubrimiento de Oersted produjo muchas inquietudes en los científicos de la época; de tal forma el físico inglés Michael Faraday (1791 - 1867) pensó de manera contraria y comprobó en el laboratorio lo que finalmente se conocería como la "Ley de Faraday", la cual dice básicamente que los campos magnéticos pueden producir corrientes eléctricas.

Por otra parte, Gustav Kirchhof (1824 - 1887) estableció dos leyes que rigen el comportamiento de los circuitos eléctricos.

El matemático escocés James Maxwell (1831 - 1879) estableció las bases del electromagnetismo, resumiendo todas las leyes conocidas hasta entonces en un conjunto de ecuaciones conocidas actualmente como las

“Leyes de Maxwell”, con ellas se predijeron muchos fenómenos electromagnéticos aún antes de poderse comprobar en los laboratorios.

De tal forma, y gracias al desarrollo constante de nuevas ideas, fue hasta finales del siglo XIX cuando se pudo comprender y controlar los fenómenos electromagnéticos, y de esta forma, se inventó el mundo de hoy.

## 1.2 Corriente eléctrica y diferencial de potencial

### 1.2.1 Corriente eléctrica (I).

La corriente eléctrica es un flujo de cargas eléctricas que circulan por un conductor, y para medirla se hizo necesario establecer un proceso y unidades. Al tomar una sección de un conductor, sería posible contar cuantas cargas pasan por segundo; considerando lo anterior, se utiliza el ampere (A) como la cantidad de carga eléctrica por segundo. Sus unidades son:

$$1 \text{ ampere} = \frac{1 \text{ Coulumb}}{\text{segundo}}$$

Un ampere es un conjunto de cargas que pasa por un segundo. Un coulumb contiene  $6.25 \times 10^{18}$  cargas elementales, es decir, protones o electrones. Así, en un ampere pasan  $6.25 \times 10^{18}$  cargas elementales por segundo.

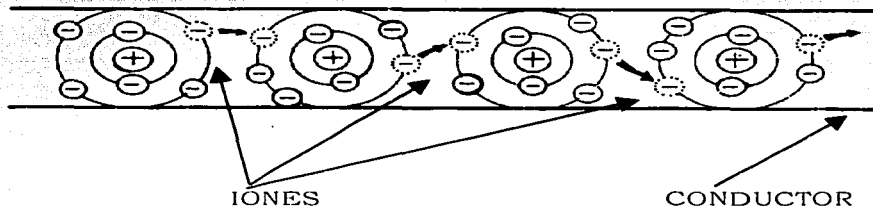


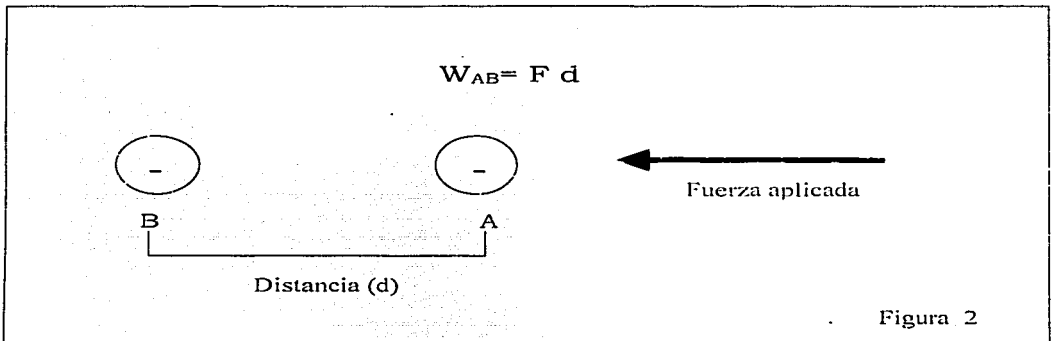
Figura 1. Se ejemplifica como por un conductor se puede lograr un flujo de cargas eléctricas. La facilidad que presenta el conductor al paso de cargas a través de él, se explica debido a la estructura atómica característica de estos materiales, en los cuales los iones positivos (átomos que pierden electrones) y los iones negativos (átomos que ganan electrones) permiten el movimiento de los electrones a través de las órbitas de los átomos que componen al conductor.

### 1.2.2 Diferencia de potencial o voltaje

En el inciso anterior se hizo referencia a como se mueven las cargas eléctricas en algunos materiales; sin embargo, hay que explicar el por qué se produce la corriente.

De acuerdo con la ley de Coulumb, para poner en movimiento una carga eléctrica se requiere de una fuerza eléctrica. Esta fuerza se da cuando dos cargas están cerca; pero cuando en un material se tienen tanto cargas positivas como cargas negativas, no habrá fuerza neta. ¿Cómo puede entonces producirse el flujo de cargas para que se forme una corriente?

Si tenemos una carga positiva cerca de otra, también positiva, habrá repulsión (lo mismo ocurrirá con las cargas negativas); por ello, si queremos acercar esas cargas, es necesario realizar una fuerza, mayor a la de repulsión que las acerque, es decir, habrá que realizar un trabajo (fig.2).



Este trabajo llevará la partícula cargada de A a B. El trabajo para llevar una carga eléctrica de A a B por unidad de carga se define como potencial eléctrico o voltaje ( $V_{AB}$ ) y usualmente se escribe:

$$V_{AB} = V_A - V_B = \frac{W_{AB} \text{ (joules)}}{q \text{ (coulombs)}}$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La unidad del potencial eléctrico es el volt (V):

$$1 \text{ V} = \frac{1 \text{ joule}}{\text{coulomb}}$$

El voltaje o diferencial de potencial eléctrico es responsable de poner en movimiento las cargas. Si no existiera esta diferencia de potencial, no habría movimiento neto de cargas en un conductor.

### **1.3 Generación, transmisión, distribución y utilización de la energía eléctrica**

De todas las formas de energía conocidas en la actualidad, la que más se emplea para la economía de cualquier nación, es la energía eléctrica.

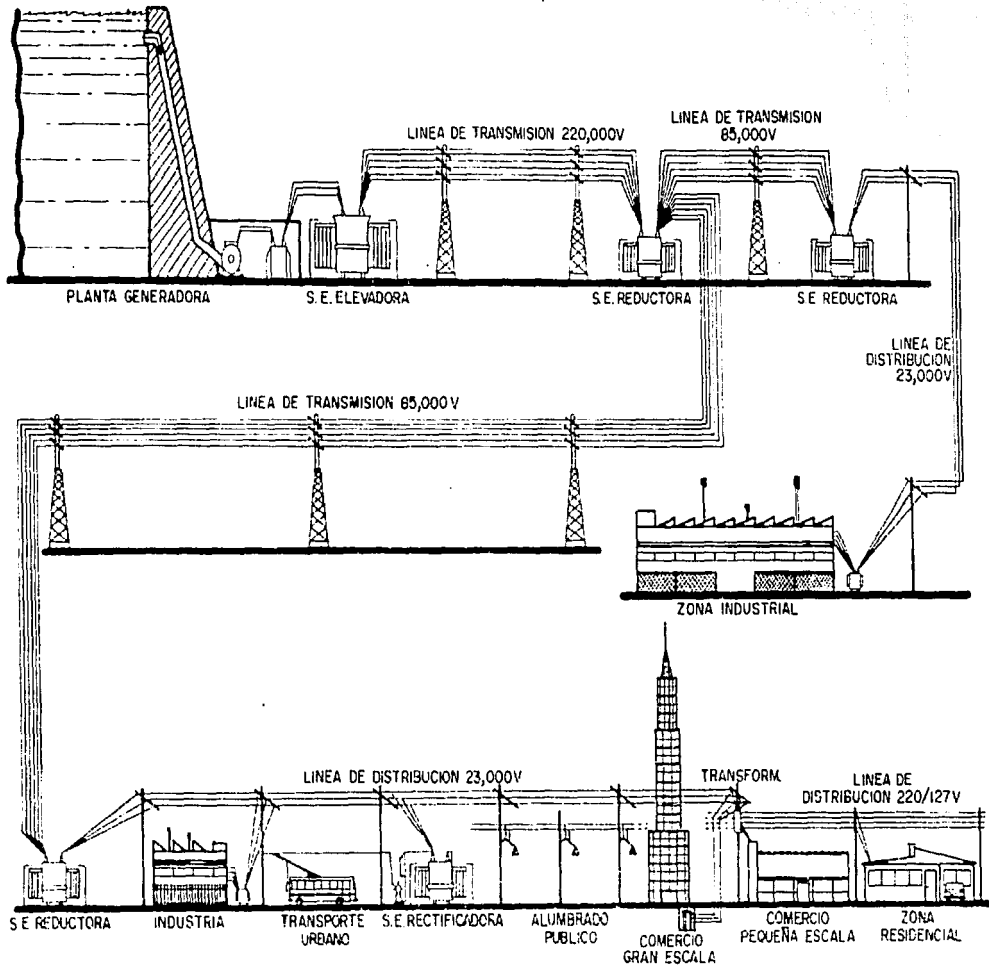
La posibilidad de explotar distintos tipos de fuentes de energía como corrientes de ríos, combustóleo, gas, uranio, carbón, la fuerza de los mares y vientos, géiser, etc. de sitios alejados de los centros de consumo, hace necesario que la energía eléctrica se transmita a grandes distancias ya que es necesaria en la gran mayoría de procesos de producción de la sociedad actual.

Las bases de la energía eléctrica fueron cimentadas a mediados del siglo XIX, cuando el científico inglés, Michael Faraday, en el año de 1831, descubrió el fenómeno de la inducción electromagnética. Las posteriores investigaciones de la interacción de los conductores de corriente eléctrica con el campo electromagnético posibilitaron la creación de generadores eléctricos, que transforman la energía mecánica del movimiento giratorio en energía eléctrica, lo que formó la base de un Sistema Eléctrico de Potencia (SEP).

Un Sistema Eléctrico de Potencia (SEP), es el conjunto de centrales generadoras, de líneas de transmisión interconectadas entre sí y de sistemas de distribución esenciales para el consumo de energía eléctrica.

El Sistema Eléctrico de Potencia (SEP) está formado por tres partes principales: generación, transmisión y distribución (ver esquema 1). Para tener una idea acerca del proceso desarrollado desde la generación hasta la utilización de la energía eléctrica, es necesario describir brevemente los tres componente principales de un Sistema Eléctrico de Potencia.

Esquema I  
**GENERACIÓN, TRANSMISIÓN, DISTRIBUCIÓN Y UTILIZACIÓN DE  
 ENERGIA ELECTRICA**



TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

### 1.3.1 Generación

En esta etapa es donde se produce la energía eléctrica a partir de otras formas de energía como: calorífica, nuclear, hidráulica, etc.

Las plantas eléctricas utilizan grandes máquinas llamadas generadores. Los generadores son manejados por grandes turbinas, accionadas por diferentes fuentes de energía.

El generador produce tres flujos de corriente eléctrica llamadas fases. Cada una de las fases de la corriente fluye desde un generador en un conductor independiente.

La corriente eléctrica generada es de tipo alterna (C.A.) la cual será usada en la industrias, hogares, alumbrado público, etc. Dependiendo de la fuente primaria de energía utilizada por la planta eléctrica, estas se pueden clasificar en:

- Centrales Hidroeléctricas

Aprovechan la caída de agua convenientemente canalizada que proviene de presas, gracias a la energía potencial de esta masa de agua, se logra accionar las turbinas que a su vez se encuentran acopladas a un generador eléctrico logrando así el cambio de energía mecánica a energía eléctrica.

- Centrales Termoeléctricas

Se aplica energía calorífica al agua para convertirla en vapor, el cual se usa como fuerza motriz, para accionar la turbina y por tanto el generador.

- Centrales Geotermoeléctricas

Son similares a las centrales termoeléctricas, aquí se aprovecha la el vapor interno de la Tierra para accionar la turbina y el generador.

- Centrales Nucleoeléctricas

Se aprovecha la energía calorífica generada por la fusión nuclear en un reactor nuclear, a su vez esta energía calorífica se aplica al agua para obtener vapor y con él obtener la fuerza motriz para mover la turbina y el generador.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



- Centrales Eólicas

Se obtiene energía eléctrica a partir del movimiento de hélices accionadas por la fuerza del viento.

- Centrales Solares

Utilizan grandes espejos colectores que captan los rayos solares, los reflejan y concentran en un tubo negro, logrando calentar aceite que a su vez vaporiza agua dentro de grandes depósitos para posteriormente energía eléctrica.

- Centrales Mareomotrices

Aprovechan la energía de las olas del mar para obtener la energía eléctrica.

Las centrales generadoras se construyen de tal forma, que por las características del terreno se adaptan para su mejor funcionamiento, rendimiento y rentabilidad.

En régimen normal, todas las unidades generadoras del sistema se encuentran en " sincronismo ", es decir, mantienen ángulos de cargas constantes. En este régimen, la frecuencia debe ser nominal ( 60 Hz. ) o muy cercana a ésta. Los voltajes de generación varían de 2.4 a 24 kV. , dependiendo del tipo de central.

Las características de las centrales eléctricas se relacionan con la subestación y la línea de transmisión en función de la potencia, la distancia a que se transmite y al área por servir.

### 1.3.2 Transmisión

Las plantas generadoras transmiten la energía eléctrica a los usuarios utilizando una red de transmisión, la cual está conformada principalmente de dos elementos: líneas de transmisión y subestaciones eléctricas.

Las líneas de transmisión son físicamente los conductores utilizados para transmitir la electricidad; las subestaciones por su parte, son lugares específicos en donde el voltaje es aumentado o disminuido, mediante la utilización de transformadores.

Los voltajes de transmisión utilizadas en Venezuela son: 115, 230, 400 y 800 kV.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Una de las formas de clasificar las líneas de transmisión, es de acuerdo a su longitud, siendo:

- a) Línea corta de menos de 80 Km.
- b) Línea media de entre 80 y 240 Km.
- c) Línea larga de 240 Km. y más

Por su parte, las subestaciones eléctricas en función a su diseño son las encargadas de interconectar líneas de transmisión de distintas centrales generadoras, transformar los niveles de voltajes para su transmisión o consumo.

Las subestaciones eléctricas por su tipo de servicio se clasifican en:

- Subestaciones elevadoras
- Subestaciones reductoras
- Subestaciones compensadoras
- Subestaciones de maniobra o switcheo
- Subestación principal del sistemas de distribución
- Subestación de distribución
- Subestaciones rectificadoras
- Subestaciones inversoras

Sin duda la denominación de una subestación como transmisión o distribución es independiente de las tensiones involucradas, y está determinada por el fin a que se destinó.

El objetivo a cumplir por una subestación es determinante en su ubicación física. Para esto, las subestaciones de transmisión están ubicadas alejadas de los centros urbanos, esto facilita, el acceso de líneas de alta tensión y la localización de terrenos lo suficientemente grandes para albergar en forma segura los delicados equipos para el manejo de alta tensión.

Por otra parte las subestaciones de distribución deben construirse en función del crecimiento de la carga, es decir, deben estar ubicadas en los centros de carga de áreas urbanizadas para, de esta forma, asegurar la calidad y continuidad del servicio al usuario.

Es claro que por las características funcionales de cada subestación, no deben mezclarse en una instalación, equipos de transmisión y distribución. La utilización de este tipo de subestaciones debe limitarse exclusivamente a aquellos casos de claras justificaciones técnico económicas.

Las subestaciones de distribución son alimentadas desde las subestaciones de transmisión con líneas o cables de potencia a la tensión de 230 o 85 kV, es lógico suponer que esta tensión no debe considerarse como de transmisión ni distribución para esta condición intermedia, se desarrolla el concepto de subtransmisión.

Los niveles de tensión para su aplicación e interpretación se consideran conforme lo indican las tarifas para la venta de energía eléctrica en su sección de aspectos generales, siendo:

- a) Baja tensión es el servicio que se suministra en niveles de tensión menores o iguales a 1 kV.
- b) Media tensión en el servicio que se suministra en niveles de tensión mayores a 1 kV., pero menores o iguales a 34.5 kV.
- c) Alta tensión a nivel subtransmisión es el servicio que se suministra en niveles de tensión mayor a 34.5 kV., pero menores a 220 kV.
- d) Alta tensión a nivel transmisión es el servicio que se suministra en niveles de tensión iguales o mayores a 220 kV.

Actualmente en Venezuela, la industria eléctrica está incrementando día con día su actividad, ya que tiene que satisfacer la demanda de su creciente población. Es por esto, que el Sector Eléctrico tiene que desarrollar nuevas técnicas y métodos para su utilización en el suministro de energía eléctrica; ya que al haber más actividad, es inminente la urgencia de una mejor optimización de los sistemas eléctricos.

### *1.3.3. Distribución*

¿Qué es lo que en realidad significa el término sistemas de distribución? Tal vez no esté perfectamente definido internacionalmente; sin embargo, comúnmente se acepta que es el conjunto de instalaciones desde 120 Volts hasta tensiones de 34.5 kV encargadas de entregar la energía eléctrica a

los usuarios a los niveles de tensión normalizados y en las condiciones de seguridad exigidas por los reglamentos.

En el nivel de baja tensión por lo general hay confusiones con las instalaciones internas o cableados de predios comerciales o grandes industrias y en tensiones mayores de los 34.5 kV como es el caso de cables de subtransmisión de 85 kV que se traslapan con tensiones mayores, especialmente en países industrializados en que la población urbana es alta, y se consideran estas tensiones como de distribución.

Los sistemas de distribución, ya sea que pertenezcan a empresas privadas o estatales, deben proyectarse de modo que puedan ser ampliados progresivamente, con escasos cambios en las construcciones existentes tomando en cuenta ciertos principios económicos, con el fin de asegurar un servicio adecuado y continuo para la carga presente y futura al mínimo costo de operación.

Los sistemas de distribución se pueden desarrollar en estructuras diversas. En cuanto a su operación existen dos tipos fundamentales de redes de distribución:

- Radial

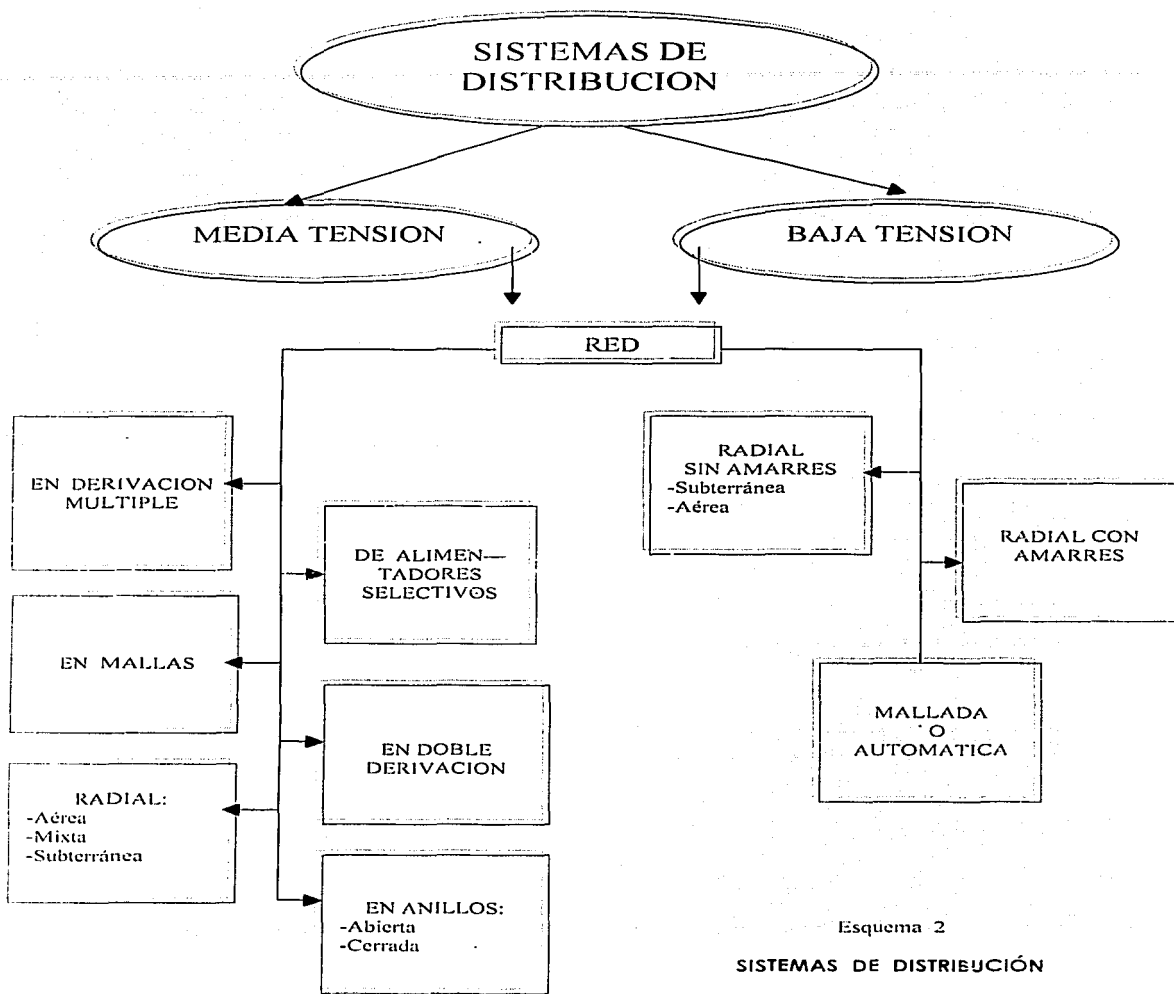
Es aquel en el cual el flujo de energía tiene una sola trayectoria, de la fuente a la carga, de tal manera que una falla en está, produce interrupciones en el servicio. Debido a su bajo costo, este sistema es el más común y el más antiguo.

- Paralelo

Con este tipo de redes se tiene una estructura sencilla en la red primaria, en donde las subestaciones están conectadas en simple derivación radial. Se utiliza sobre todo en redes de baja tensión. La continuidad está asegurada en la red de baja tensión por medio de la operación en paralelo.

Por otro lado, existen diferentes estructuras de distribución utilizadas en baja y media tensión. Los principales se muestran en el esquema No. 2; no se detallan dichos arreglos por no ser el objetivo principal del presente trabajo; sin embargo, se puede profundizar más a cerca de estos accedando a la [pagina web: www.miexamen/fisica/electricidad/html](http://www.miexamen/fisica/electricidad/html) o consultando: "Fundamentos de distribución eléctrica" editado por Square D Company.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Esquema 2

SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 1.3.3.1 Componentes principales de un sistema de distribución

Los principales componentes de un sistema de distribución son:

a) Alimentadores primarios de distribución.

Son los encargados de llevar la energía eléctrica desde las subestaciones de potencia hasta los transformadores de distribución. Los conductores van soportados en poste cuando se trata de instalaciones aéreas y en ductos cuando se trata de instalaciones subterráneas.

b) Transformadores de distribución.

Los transformadores de distribución son los equipos encargados de cambiar la tensión primaria a un valor menor de tal manera que el usuario pueda utilizarla sin necesidad de equipos e instalaciones costosas y peligrosas. En si el transformador de distribución es la liga entre los alimentadores primarios y los alimentadores secundarios.

d) Alimentadores secundarios.

Los alimentadores secundarios distribuyen la energía desde los transformadores de distribución hasta las acometidas a los usuarios.

e) Acometidas

Las acometidas son las partes que ligan al sistema de distribución de la empresa suministradora con las instalaciones del usuario.

f) Equipo de medición.

La medición puede ser en media tensión o en baja tensión dependiendo del tipo de acometida de servicio que requiera el usuario.

### 1.3.3.2 Clasificación de los sistemas de distribución

a) Sistemas aéreos.

Los sistemas aéreos por su construcción se caracterizan por su

sencillez y economía, razón por la cual su utilización está muy generalizada. Se emplean principalmente para:

1. Zonas urbanas con:
  - carga residencial
  - carga comercial
  - carga industrial
  
2. Zonas rurales con:
  - carga doméstica
  - carga de pequeñas industrias  
(bombas de agua. molinos. etc.).

Los sistemas aéreos están constituidos por transformadores, cuchillas, apartarrayos, cortacircuitos fusibles, cables desnudos, etc.: los que se instalan en postes o estructuras de distintos materiales.

La configuración mas sencilla para los sistemas aéreos es del tipo arbol, la cual consiste en conductores desnudos de calibre grueso en el principio de la línea y de menor calibre en las derivaciones a servicios o al final de la línea. Cuando se requiere una mayor flexibilidad y continuidad del servicio es posible utilizar configuraciones más elaboradas.

Los movimientos de carga se llevan a cabo con juegos de cuchillas de operación con carga, que son instaladas de manera conveniente para efectuar maniobras tales como : trabajos de emergencia, ampliaciones del sistema, conexión de nuevos servicios, etc.

En servicios importantes tales como: hospitales, edificios públicos, fábricas que por la naturaleza de su proceso de producción no permiten la falta de energía eléctrica en ningún momento; se instalan dos circuitos aéreos, los cuales pueden pertenecer a la misma subestación de distribución, o de diferentes subestaciones, esto se realiza independientemente a que la mayoría de estos servicios cuentan con plantas de emergencia con capacidad suficiente para alimentar sus áreas más importantes.

En éste tipo de sistema se encuentra muy generalizado el empleo de seccionadores, como protección de la línea aérea, para eliminar la salida de todo el circuito cuando hay una falla transitoria.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

b) Sistemas subterráneos.

Estos sistemas se construyen en zonas urbanas con alta densidad de carga y fuertes tendencias de crecimiento, debido a la confiabilidad de servicio y la limpieza que estas instalaciones proporcionan al paisaje. Naturalmente, este aumento en la confiabilidad y en la estética involucra un incremento en el costo de las instalaciones y en la especialización del personal encargado de construir y operar este tipo de sistema.

Los sistemas subterráneos están constituidos por transformadores tipo interior o sumergibles, cajas de conexión, interruptores de seccionamiento, y protección, cables aislados, etc. Estos se instalan en locales interiores, en bóvedas, registros o pozos construidos en banquetas.

Los principales factores que se deben analizar al diseñar un sistema subterráneo son :

- Densidad de carga
- Costo de la instalación
- Grado de confiabilidad
- Facilidad de operación
- Seguridad

c) Sistemas mixtos

Este sistema es muy parecido al sistema aéreo, siendo diferente únicamente en que los cables desnudos sufren una transición a cables aislados. Dicha transición se realiza en la parte alta del poste y el cable aislado es alojado en el interior de ductos para bajar del poste hacia un registro o pozo y conectarse con el servicio requerido.

Este tipo de sistema tiene la ventaja de eliminar una gran cantidad de conductores, favoreciendo la estética del conjunto, disminuyendo notablemente el número de fallas en el sistema de distribución y por ende aumentando la confiabilidad del mismo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



### 1.3.4 Utilización

El suministro de la energía eléctrica para su utilización se puede realizar de diferentes formas según los requerimientos de carga y tensión de cada usuario; sin embargo, como un estándar en la industria eléctrica se ha acordado usar ciertas combinaciones de arreglos de conductores suministrando sólo ciertos niveles de voltaje. Estas combinaciones estandarizadas de conductores y niveles de voltaje son referidos como sistemas de voltaje.

Puede proporcionarse el servicio de energía eléctrica tanto en baja como en alta tensión:

- Sistema de voltaje en alta tensión

El abastecimiento de energía eléctrica al usuario con grandes cargas se realiza en "alta tensión", donde los valores de suministro pueden ser de 6000, 13800 y 23000 volts. Los usuarios pueden ser industrias, hospitales, edificios, unidades habitacionales, centros comerciales, etc.

- Sistema de voltaje en baja tensión

Este tipo de servicio es para abastecer a usuarios con cargas pequeñas como: casas habitación, talleres, pequeños comercios, etc. Los valores de tensión suministrados normalmente son: 127, 220, 440 y 680 volts.

Los sistemas típicos de suministro de energía eléctrica en baja tensión son:

- a) Sistema monofásico a 2 hilos (una fase y neutro).
- b) Sistema monofásico a 3 hilos (dos fases y neutro).
- c) Sistema trifásico a 3 hilos (tres fases).
- d) Sistema trifásico a 4 hilos (tres fase y neutro)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**2**

# **LA HIDROELECTRICIDAD**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **2. LA HIDROELECTRICIDAD**

Llamamos hidroelectricidad a la obtención de energía eléctrica a partir de la energía hidráulica que se obtiene de la caída del agua desde cierta altura a un nivel inferior, lo que provoca el movimiento de ruedas hidráulicas o turbinas. La hidroelectricidad es un recurso natural disponible en las zonas que presentan suficiente cantidad de agua. Su desarrollo requiere construir pantanos, presas, canales de derivación, y la instalación de grandes turbinas y equipamiento para generar electricidad .

Todo ello implica la inversión de grandes sumas de dinero, por lo que no resulta competitiva en regiones donde el carbón o el petróleo son baratos, aunque el costo de mantenimiento de una central térmica, debido al combustible, sea más caro que el de una central hidroeléctrica. Sin embargo, el peso de las consideraciones medio ambientales centra la atención en estas fuentes de energía renovables.

### **2.1 Historia**

Los antiguos romanos y griegos aprovechaban ya la energía del agua; utilizaban ruedas hidráulicas para moler trigo. Sin embargo, la posibilidad de emplear esclavos y animales de carga retrasó su aplicación generalizada hasta el siglo XII. Durante la edad media, las grandes ruedas hidráulicas de madera desarrollaban una potencia máxima de cincuenta caballos. La energía hidroeléctrica debe su mayor desarrollo al ingeniero civil británico John Smeaton, que construyó por vez primera grandes ruedas hidráulicas de hierro colado.

La hidroelectricidad tuvo mucha importancia durante la Revolución Industrial. Impulsó las industrias textil y del cuero y los talleres de construcción de máquinas a principios del siglo XIX. Aunque las máquinas de vapor ya estaban perfeccionadas, el carbón era escaso y la madera poco satisfactoria como combustible. La energía hidráulica ayudó al crecimiento de las nuevas ciudades industriales que se crearon en Europa y América hasta la construcción de canales a mediados del siglo XIX, que proporcionaron carbón a bajo precio.

La primera central hidroeléctrica se construyó en 1880 en Northumberland, Gran Bretaña. El renacimiento de la energía hidráulica se produjo por el desarrollo del generador eléctrico, seguido del perfeccionamiento de la turbina hidráulica y debido al aumento de la demanda de electricidad a principios del siglo XX. En 1920 las centrales hidroeléctricas generaban ya una parte importante de la producción total de electricidad.

ESTE CON  
FALLA DE ORIGEN

La tecnología de las principales instalaciones se ha mantenido igual durante el siglo XX. Las centrales dependen de un gran embalse de agua contenido por una presa. El caudal de agua se controla y se puede mantener casi constante. El agua se transporta por unos conductos o tuberías forzadas, controladas con válvulas y turbinas para adecuar el flujo de agua con respecto a la demanda de electricidad. El agua que entra en la turbina sale por los canales de descarga. Los generadores están situados justo encima de las turbinas y conectados con árboles verticales. El diseño de las turbinas depende del caudal de agua; las turbinas Francis se utilizan para caudales grandes y saltos medios y bajos, y las turbinas Pelton para grandes saltos y pequeños caudales.

Además de las centrales situadas en presas de contención, que dependen del embalse de grandes cantidades de agua, existen algunas centrales que se basan en la caída natural del agua, cuando el caudal es uniforme. Estas instalaciones se llaman de agua fluente. Una de ellas es la de las cataratas del Niágara, situada en la frontera entre Estados Unidos y Canadá.

A principios de la década de los noventa, las primeras potencias productoras de hidroelectricidad eran Canadá y Estados Unidos. Canadá obtiene un 60% de su electricidad de centrales hidráulicas. En todo el mundo, la hidroelectricidad representa aproximadamente la cuarta parte de la producción total de electricidad, y su importancia sigue en aumento. Los países en los que constituye fuente de electricidad más importante son Noruega (99%), República Democrática del Congo (97%) y Brasil (96%). La central de Itaipú, en el río Paraná, está situada entre Brasil y Paraguay; se inauguró en 1982 y tiene la mayor capacidad generadora del mundo. Como referencia, la presa Grand Coulee, en Estados Unidos, genera unos 6 200 MW y es una de las más grandes.

En algunos países se han instalado centrales pequeñas, con capacidad para generar entre un kilovatio y un megavatio. En muchas regiones de China, por ejemplo, estas pequeñas presas son la principal fuente de electricidad. Otras naciones en vías de desarrollo están utilizando este sistema con buenos resultados.

## **2.2 Centrales hidroeléctricas**

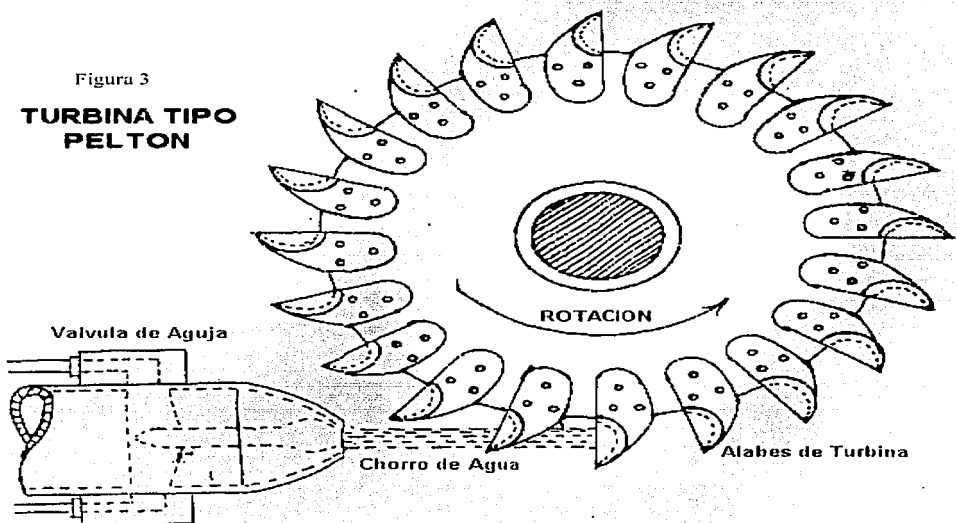
Una central hidroeléctrica es aquella que genera electricidad a partir del uso del agua como fuerza motriz. Para ello, utiliza cuatro elementos fundamentales: agua, caída, turbina y generador. Primero se reúnen las aguas disponibles (lagunas, ríos, lagos), se conducen a un embalse y se ubica la altura que proporciona la caída.

Las aguas son conducidas por túneles y canales y luego por una tubería de presión, de acero muy resistente y de un diámetro adecuado, por toda

la pendiente del cerro. Esta caída es la base fundamental de las centrales hidroeléctricas ya que, junto con la presión del agua, dan la potencia necesaria para mover las ruedas hidráulicas. El agua llega a una galería de distribución desde donde pasa por una cámara de válvulas hacia las turbinas. Desde que el agua ingresa a la galería de distribución ya está en la central misma es decir, en la casa de máquinas.

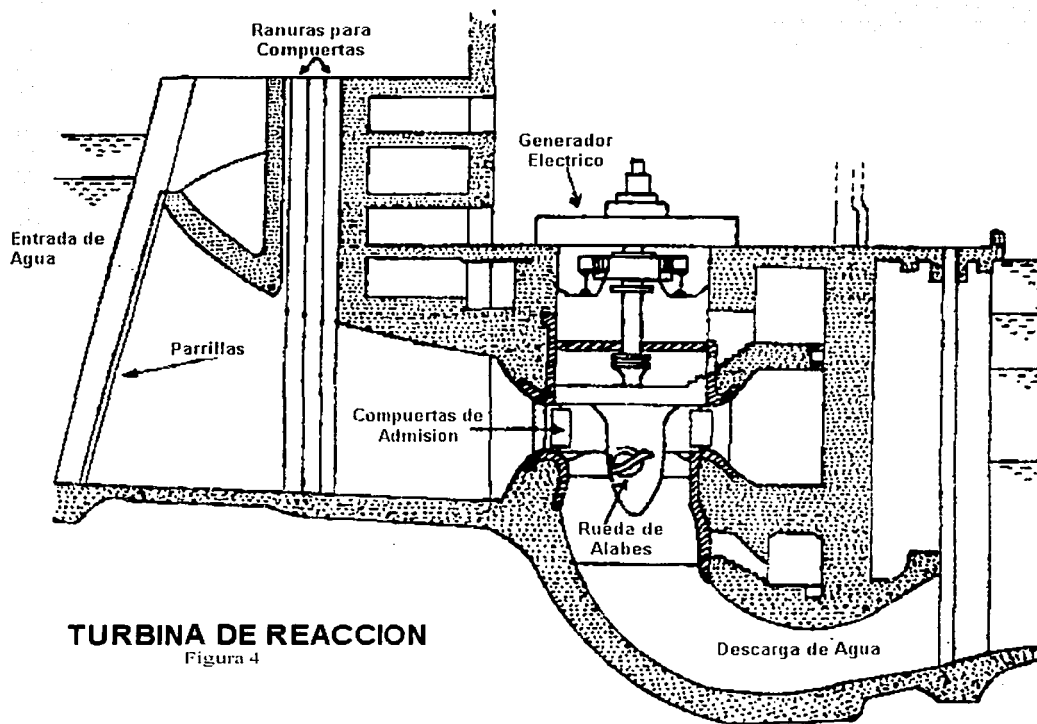
Uno de los elementos más importantes, es la caída de agua (comúnmente llamada "head"). Este factor es decisivo al momento de escoger el tipo de turbina hidráulica que se instala en la planta.

Una caída alta (entre 800 a 2000 pies) requiere una turbina para alta presión, de impulso o tipo Pelton. Si la caída es intermedia (entre 200 y 800 pies), entonces se escoge una turbina de reacción tipo Francis. Para caídas bajas (menores de 200 pies) se utiliza un tipo de turbina de reacción tipo Kaplan.



En la turbina Pelton, el agua tiene una presión muy alta. La válvula de aguja, que se usa para controlar el flujo de agua, deja pasar un chorro de agua que choca con los alabes de la turbina transfiriéndole su energía y

haciendo girar la turbina. Esta, a su vez, hace girar un generador que está acoplado al eje de la turbina para producir energía eléctrica.



## TURBINA DE REACCION

Figura 4

Las turbinas de reacción son de dos tipos: Francis y Kaplan. En ellas ocurre un proceso similar, excepto que la presión es más baja, la entrada a la turbina ocurre simultáneamente por múltiples compuertas de admisión (wicket gates) dispuestas alrededor de la rueda de alabes (runner) y el trabajo se ejerce sobre todos los alabes simultáneamente para hacer girar la turbina y el generador.

Como se ha mencionado, las centrales hidroeléctricas requieren grandes inversiones económicas, además, el emplazamiento de estas sólo puede ser posible cuando se cuenta con afluentes hídricos constantes.

No obstante, la utilización de centrales hidroeléctricas otorgan grandes ventajas, por ejemplo, el mantenimiento de una planta hidroeléctrica es menor al de una termoeléctrica, en función del combustible utilizado. Por otro lado, el impacto ambiental producido por la generación de hidroelectricidad, es menor en la termoelectricidad, ya que en la primera se ahorra gran cantidad de combustible fósil con la consecuente eliminación de emisiones contaminantes al medio ambiente.

### Las once centrales hidroeléctricas más grandes del mundo\*

CENTRAL	PAIS	CAPACIDAD INSTALADA (MW)
1. Tres gargantas (en construcción)	China	18 200
2. Itaipú	Brasil / Paraguay	12 600
3. Gurí (Raúl Leoni)	Venezuela	10 000
4. Sayano - Shushensk	CEI	6 400
5. Grand Coulee	USA	6 180
6. Krasnoyarsk	CEI	6 000
7. Churchill Falls	Canadá	5 428
8. La Grande 2	Canadá	5 328
9. Bratsk	CEI	4 500
10. Ust - Ilim	CEI	4 320
11. Tucuruí (en construcción)	Brasil	3 960

Tabla No. 1 \* Fuente: Hand Book 1999 International Water Power & Dam Construction

TIPO CON  
FALLA DE ORIGEN

### **2.3 El desarrollo hidroeléctrico de Venezuela**

La República Bolivariana de Venezuela se encuentra ubicada en la parte sur del continente americano, cuenta con una extensión territorial de 916 445 km<sup>2</sup>.; sus colindancias son: al norte con el mar caribe, al oeste con Colombia, al sur con Brasil y al este con Guyana.

La población actual del país ronda los 26 millones de habitantes y utiliza como forma de gobierno la república presidencialista.

Venezuela es una tierra de riquezas incalculables, bastión energético de la América del Sur y punto de encuentro de las culturas Europeas, Indias y Africanas. Tiene su base de desarrollo en el Petróleo. El oro negro que nace de las entrañas de este País ha alimentado siete generaciones de venezolanos y ha engrandecido el nombre de Venezuela en el mundo. Sin embargo, las crisis petroleras de los años 80's y 90's han dejado tristes experiencias a una economía cuyas exportaciones petroleras representan un 85% del PIB.

La búsqueda del oro negro empezó en el periodo de 1911 a 1915, de tal manera que los primeros campos comerciales de gran dimensión empezaron a producir en el lapso de 1917 a 1922. La operación de áreas prolíficas, como el lago de Maracaibo, llevo rápidamente al petróleo crudo a la posición preeminente en el sector energía, La generación de HIDROELECTRICIDAD comenzó hasta 1963, logrando 10 años más tarde suplir el 8% del mercado domestico. El gas natural asociado al petróleo crudo es el energético de mayor uso. La producción de petróleo llega a su más alto nivel en 1973, con la exploración de algunas áreas de la plataforma continental, dando como resultado en el descubrimiento de gigantescos campos de gas natural, mientras que en las áreas tradicionales se completaba la búsqueda de hidrocarburos en las zonas más profundas. Nuevos descubrimientos se realizaron en la frontera con Colombia.

El gasto de energía en el país desde el descubrimiento en 1492 al año 1900 se estima en 1.000.000 de terajoules y del periodo de 1900 a 1950 en 3.600.000 el consumo se ha multiplicado en el periodo de 1950 al 2000 con 42.000.000 terajoules.

La producción de energía eléctrica en Venezuela en el año 1950 fue de 330 gigavatios hora mientras que en 1963 fue de 3.500 gigavatios hora, para 1975 paso los 15.000 gigavatios - hora y actualmente esta en 48.000 gigavatios - hora.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



De aquí que los últimos gobiernos hayan puesto los ojos en un recurso renovable y que Venezuela tiene en abundancia. LA ENERGIA HIDROELECTRICA.

Desde las primeras centrales termoeléctricas en los alrededores de Caracas hasta la construcción de MACAGUA I en 1961 en la naciente Puerto Ordaz tuvieron que pasar más de 60 años de producir electricidad a base del potencial hidráulico.

Desde 1961 hasta la fecha EDELCA (Electrificación del Caroní) ha sabido aprovechar el potencial energético de la cuenca del río Caroní para desarrollar los complejos de GURI, MACAGUA II, y ahora CARUACHI y TOCOMA en construcción; y aún se tienen estudios para otras 4 hidroeléctricas más sobre el río Caroní. El gran potencial hidroeléctrico de Venezuela se refleja inclusive al permitirle exportar energía eléctrica a sus vecinos Colombia y Brasil. Así es como la Venezuela de hoy enfrenta el nuevo siglo llena de Energía para crecer y exportar.

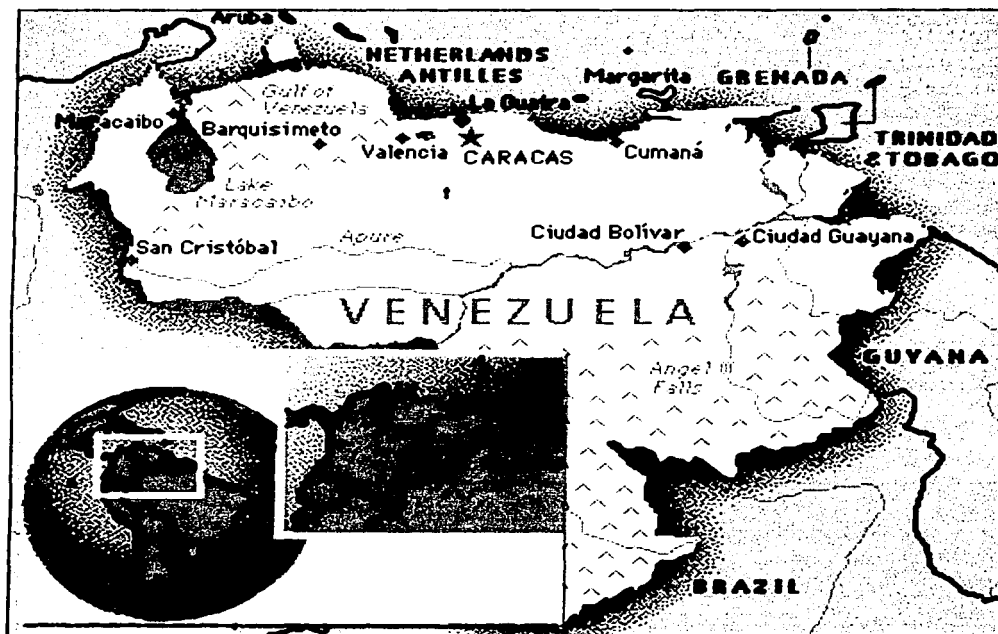
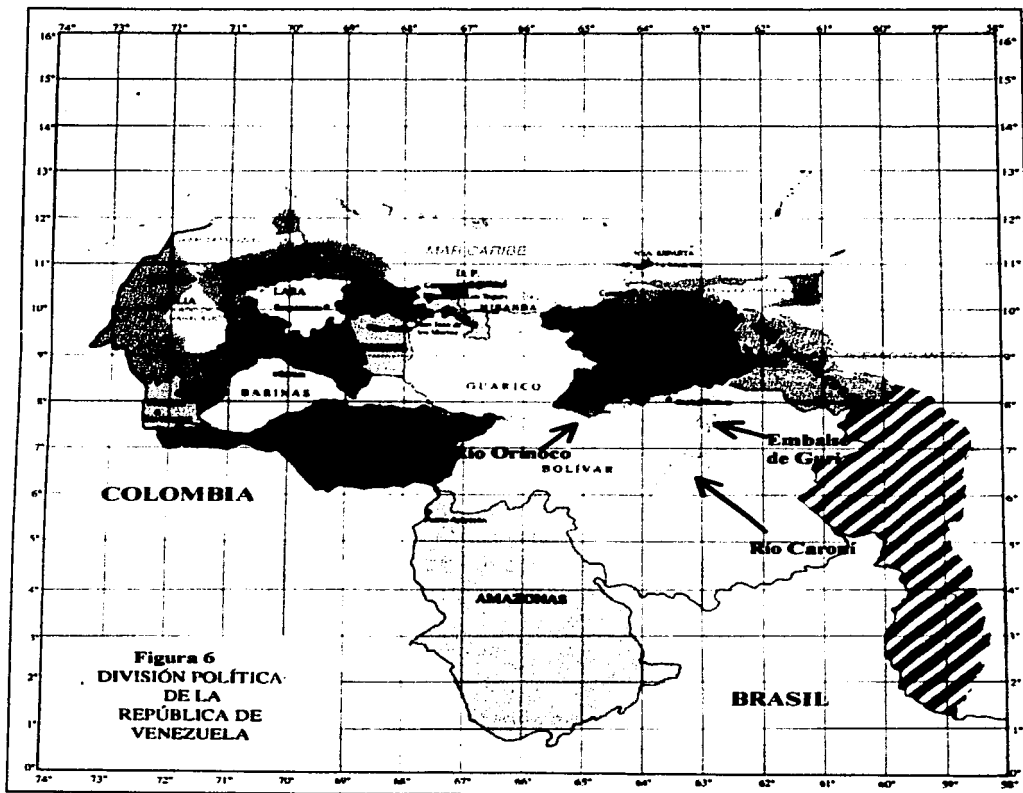


Figura 5. Ubicación geográfica de Venezuela

## 2.4 El río Caroní

El potencial hidrológico de Venezuela se encuentra sustentado en el río Caroní. La cuenca del río Caroní se encuentra en el estado Bolívar, entre las siguientes latitudes: 3.40° grados norte 60.50' y 64.10' grados este.

Debido a su amplia longitud y a sus características, se le ha dividido para los estudios de potencial hidrológico en bajo y alto Caroní.



#### 2.4.1 Descripción y ubicación del río Caroni

La utilización del agua como fuente alterna de energía, tiene la ventaja de representar un ahorro en el consumo nacional de hidrocarburos a través de la sustitución racional de la energía térmica. El río Caroni con sus 840 Km. de recorrido, posee una serie de condiciones de excepcional valor para favorecer el desarrollo hidroeléctrico en distintos puntos de su extensión.

Su hoya hidrográfica cubre cerca de 95 000 km<sup>2</sup>, distribuidos entre el alto Caroni (47 500 km<sup>2</sup>) desde su nacimiento con la frontera con Brasil, hasta su confluencia en el río Paragua; la cuenca de este último río (32 500 km<sup>2</sup>) y el bajo Caroni, desde la unión con el río Paragua hasta la desembocadura en el río Orinoco, abarcando una superficie de 15 000 km<sup>2</sup>

El área ocupada por el río esta alrededor de un vasto bosque con una extensión aproximada de 62 500 km<sup>2</sup>, lo cual garantiza un apreciable caudal durante todo el año ya que este tipo de vegetación, regula el ciclo hidrológico.

El río Caroni, a través de su extenso recorrido posee un desnivel de sur a norte de 912 metros; de ahí que su pendiente es de 1.43 metros por kilómetro.

Longitud total	840 km
Superficie	95 000 km <sup>2</sup>
Perímetro	1.655 km
Máxima distancia longitudinal	529 km
Máxima distancia transversal	407 km
Precipitación anual media	2 800 mm
Temperatura media	27.1 °C
Humedad relativa media	76%
Evaporación anual media	1 959 mm
Radiación solar	415 cal / cm <sup>2</sup> al día
Insolación	6.4 horas

Tabla 2. Principales características de la cuenca del río Caroni

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## Hidrología del río Caroní

- Promedio de volumen de flujo anual 4 824 m<sup>3</sup> / seg
- Promedio máximo de volumen de flujo anual 6 260 m<sup>3</sup> / seg
- Promedio mínimo de volumen de flujo anual 3 514 m<sup>3</sup> / seg
- Máxima creciente registrada 17 576 m<sup>3</sup> / seg
- Volumen de flujo mínimo registrado 188 m<sup>3</sup> / seg

## Características bajo Caroní

La zona del bajo Caroní se limita desde la confluencia con el río Paragua hasta la desembocadura con el río Orinoco.

- Área aproximada 15 000 km<sup>2</sup>
- Pendiente Desde 270 hasta 6 m.s.n.m.
- Longitud 188 km

TECNOLOGIA  
FALLA DE ORIGEN

### Características del alto Caroní

La zona del alto Caroní limita desde el nacimiento del río en el Tepuy (alto relieve) Kukenán, hasta la confluencia con el río Paragua, en San Pedro de las Bocas.

- Área aproximada \_\_\_\_\_ 47 000 km<sup>2</sup>
- Pendiente \_\_\_\_\_ Desde 2800 hasta 270 m.s.n.m.
- Longitud \_\_\_\_\_ 642 km

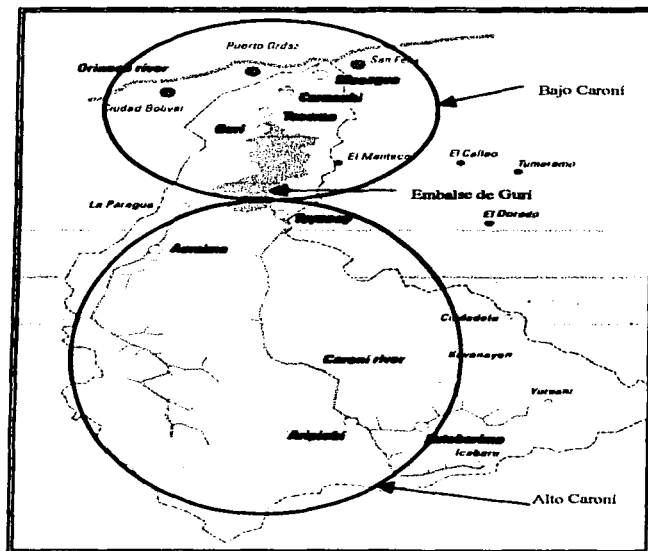


Figura 7.  
Alto y bajo  
Caroní

- Centros poblacionales
- Centrales hidroeléctricas en operación, construcción y planeación (consultar tabla)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 2.4.2 Potencial hidroeléctrico del Río Caroni

El potencial hidroeléctrico del Caroni se estima en más de 26 000 mega watts; dicho potencial de generación abarca tanto el alto como el bajo Caroni. Cabe destacar que el desarrollo hidroeléctrico del río es relativamente joven; de hecho, parte de la capacidad generadora del río se encuentra en construcción y en algunos casos en planificación.

En las siguientes tablas podemos observar la capacidad instalada, en construcción y en planificación, hay que considerar que el plan de aprovechamiento hidrológico de Río Caroni se ha hecho en base a la construcción de las llamadas micro centrales hidroeléctricas, las cuales son llamadas así en función de su capacidad de generación (menor a 3000 méga watts).

CENTRAL	CONDICION	No. De UNIDADES GENERADORAS	POTENCIAL DE GENERACIÓN (MW)
Macagua I	En operación	6	360
Macagua II y III	En operación	14	2 540
Guri (Raúl Leoni)	En operación	20	10 000
Caruachi	En construcción	12	2 160
Tocoma	En construcción	12	2 160

***Potencial del bajo Caroni 17 220 MW***

Tabla 3. Desarrollo hidroeléctrico en el bajo Caroni

Proyectos en etapa pre-factibilidad:

CENTRAL	No. De UNIDADES GENERADORAS	POTENCIAL DE GENERACIÓN (MW)
Tayucay	7	3 100
Aripichi	4	1 300
Eutobarima	6	2 900
Auraima	6	1 800

***Potencial del alto Caroni 9 100 MW***

Tabla 4. Desarrollo hidroeléctrico en el alto Caroni

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# 3

## **EL PROYECTO HIDROELECTRICO DE CARUACHI**

TEMA CON  
FALLA DE ORIGEN

### **3. EL PROYECTO HIDROELÉCTRICO DE CARUACHI**

El proyecto Caruachi es parte del desarrollo hidroeléctrico del bajo Caroní, los estudios de factibilidad y costos se iniciaron en la década de los 80's, estos trabajos fueron realizados por la empresa estatal "Electrificación del Caroní" (EDELCA).

EDELCA forma parte de la Corporación Venezolana de Guayana (CVG) la cual agrupa a doce empresas pertenecientes al estado. La CVG es la agencia de desarrollo regional cuya responsabilidad se fundamenta en la promoción de inversiones, la planificación concertada del desarrollo y la coordinación interinstitucional de los agentes del territorio, a fin de facilitar los procesos para la realización de proyectos y programas que dinamicen el desarrollo de la región y su área de influencia es la región de Guayana (margen norte del río Orinoco y al sur de los estados Anzoátegui y Monagas).

Por su parte, el objetivo de EDELCA es el de generar y poner a disposición de los consumidores energía eléctrica en forma confiable. EDELCA opera las centrales hidroeléctricas de GURI (Raúl Leoni) y MACAGUA, además de planificar el desarrollo hidroeléctrico de la región de Guayana.

EDELCA produce electricidad en armonía con el ambiente, a un costo razonable y con un significativo ahorro de petróleo. Posee una extensa red de líneas de transmisión que supera los 4 000 Km., cuyo sistema a 800 kv. es el quinto instalado en el mundo con líneas de Ultra Alta Tensión en operación.

Actualmente, EDELCA aporta más del 70% a la producción nacional de electricidad a través de sus grandes centrales hidroeléctricas. EDELCA desempeña un papel fundamental en el desarrollo económico y social de Venezuela.

#### **3.1 Ficha técnica del proyecto Caruachi**

##### **\* Generalidades**

El Desarrollo Hidroeléctrico Caruachi está situado sobre el río Caroní, a unos 59 kilómetros aguas abajo del Embalse de Guri.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



En el área del proyecto, el río discurre sobre un lecho rocoso interrumpido por numerosas islas, con un ancho de aproximadamente 1.700 metros y una cota de 55 metros sobre el nivel del mar.

Al análisis económico y los niveles aguas abajo de la Casa de Máquinas obtenidos en el modelo matemático calibrado con mediciones del prototipo, permitió seleccionar el alineamiento más favorable para el desarrollo del proyecto.

#### \* Descripción general del proyecto

Las obras para controlar el embalse incluirán la construcción de un aliviadero con compuertas radiales y de las presa de cierre correspondientes. La Casa de Máquinas y la Nave de Montaje serán del tipo integrado con las Estructuras de Toma.

La ubicación de las presas de tierra y enrocamiento, aliviadero y casa de máquinas obedece a la optimización de las condiciones geológicas, topográficas y energéticas del proyecto.

Una vez que se hayan ejecutado todas las obras correspondientes al proyecto, se elevará el embalse a la cota 91.25 m.s.n.m., inundando un área de 25 500 hectáreas.

El desarrollo de Caruachi formará conjuntamente con Guri, Macagua y Tocoma, el Complejo Hidroeléctrico del Bajo Caroni. Las características electro energéticas sobresalientes del proyecto, están predeterminadas por la descarga regulada del Embalse de Guri.

#### \* Acceso

El acceso al área de Caruachi se realiza por medio de una carretera pavimentada con una longitud de 25 Km., que conecta la vía San Felix - El Pao a unos tres kilómetros al sur de la entrada de Macagua con el proyecto.

#### \* Desvío del río

Una de las características más importantes de este proyecto fue el desvío del río. Durante la primera fase se construyó una ataguía en forma de herradura, con una longitud aproximada de 3000 metros, dentro de la cual serán construidas en seco las estructuras principales (Aliviadero, Casa de Máquinas, Estructuras de Toma, Naves de Montaje, Presas de Gravedad, Presas de Tierra y Enrocamiento Derecha).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Se dejó un boquete de 350 metros a la cota 62 m.s.n.m., entre el estribo izquierdo y la ataguía, para el paso del caudal de 11 000 m<sup>3</sup>/seg. Regulado por Guri durante la construcción.

Todas las operaciones requeridas para el desvío están siendo ensayadas en un modelo hidráulico en escala 1:80, que se encuentra ubicado en Macagua. Este modelo, con un área de 1170 metros, representa unas 750 hectáreas del prototipo.

#### \* Descripción general de los macrocomponentes

La presa principal contiene a las estructuras de toma y está formada por 6 monolitos de 60 metros de ancho, los cuales se encuentran integrados con los correspondientes a la Casa de Máquinas. La presa tiene una altura de 55 metros y una longitud de 360 metros. Las estructuras de toma contarán con compuertas de operación, compuertas de mantenimiento y rejas verticales. En la parte superior, a la cota de 93.25 metros y a todo lo largo de la presa está prevista la carretera nacional y la de servicio. La distancia entre la línea base y el eje de las unidades será de 41.30 metros.

La Casa de Máquinas está constituida por 6 monolitos, albergan a 12 unidades generadoras con turbinas Kaplan (2 por cada monolito), sus correspondientes naves de servicio y 1 nave de montaje de 110 metros de ancho. La nave de Generadores tiene un ancho de 25.65 metros y la plataforma de transformadores se ubicará a la cota de 64.50 m.s.n.m. con un ancho de 32.15 metros, incluyendo la carretera de servicio.

La Presa de Transición Derecha está ubicada entre la Presa de Enrocamiento con Pantalla de Concreto y la Casa de Máquinas, consta de 3 monolitos, los cuales tienen un ancho de 30 metros cada uno, medido a los largo de la línea base.

La Presa de Transición Izquierda está ubicada entre el Aliviadero y la Casa de Máquinas y consta de 1 monolito, que tiene un ancho de 50 metros y una altura de 53 metros.

El Aliviadero tendrá una capacidad de descarga igual a la del Aliviadero de Guri, de 30 000 m<sup>3</sup>/seg; con una longitud de 178.16 metros, con borde de descarga a la cota de 70.55 metros; nueve compuertas radiales con descarga de superficie de 15.24 metros de ancho por 21.66 metros de altura.

Las estructuras de concreto están conectadas con el estribo derecho mediante una presa de enrocado con pantalla de concreto que tendrá una longitud de 900 metros y con el estribo izquierdo mediante una presa de tierra y enrocado con una longitud de 4 200 metros.

Adicionalmente está prevista la excavación de un canal de descarga aguas debajo de la Casa de Máquinas y un patio de distribución en el margen izquierdo del río.

\* Datos significativos del proyecto Caruachi

EMBASE

Nivel máximo infrecuente	92.55 m.s.n.m.
Nivel mínimo de operación	90.25 m.s.n.m.
Nivel normal de operación	91.25 m.s.n.m.
Area a nivel normal	238 00 km <sup>2</sup>
Volumen a nivel normal	
Creciente máxima probable	30 000 m <sup>3</sup> /seg.

PRESA DE CONCRETO

Tipo de presa	De gravedad
Elevación de la Cresta	93.25 m.s.n.m.
Altura máxima desde la fundación	55.00 mts.
Longitud presa principal	360.00 mts.
Monolito intermedio	50.00 mts.
Longitud presa de transición derecha	90.00 mts.
Longitud presa de transición izquierda	50.00 mts.
Volumen de concreto	742 000 m <sup>3</sup>

ALIVIADERO

Longitud	178.16 mts.
Tipo de compuertas (de superficie)	Radiales
Nivel de la cresta	70.55 msnm
Número de Compuertas	9
Tamaño de Compuertas	15.24 x 21.66 mts.
Capacidad máxima	30 000 m <sup>3</sup> /seg.
Ductos de fondo (para desvío)	18 de 5.50 x 9 m <sup>3</sup>
Volumen de concreto	307 000 m <sup>3</sup>

CASA DE MÁQUINAS Y NAVE DE MONTAJE

Longitud	420.00 mts.
Número de Unidades	12
Número de Monolitos	14
Ancho de Monolitos	30.00 mts.
Volumen de concreto	568 900 m <sup>3</sup>

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Volumen de concreto en Edificio de  
Operación y Control 6 100 m<sup>3</sup>

#### PRESA DE ENROCAMIENTO CON PANTALLA DE CONCRETO (DERECHA)

Longitud de la cresta 900.00 mts.  
Nivel de la cresta 95.30 m.s.n.m.  
Ancho de la cresta 8.00 mts.  
Altura máxima desde la fundación 50.00 mts.  
Pendiente aguas arriba 1.30 H : 1.00 V

#### PRESA DE ENROCAMIENTO Y TIERRA (IZQUIERDA)

Longitud de la cresta 4 200 mts.  
Nivel de la cresta 95.30 m.s.n.m.  
Ancho de la cresta 8.00 mts.

#### TURBINAS

Número 12  
Tipo Kaplan  
Caída nominal 35.60 mts.  
Capacidad nominal por unidad 180 Mw  
Capacidad total 2 160 Mw  
Velocidad nominal 94.74 r.p.m

#### GENERADORES

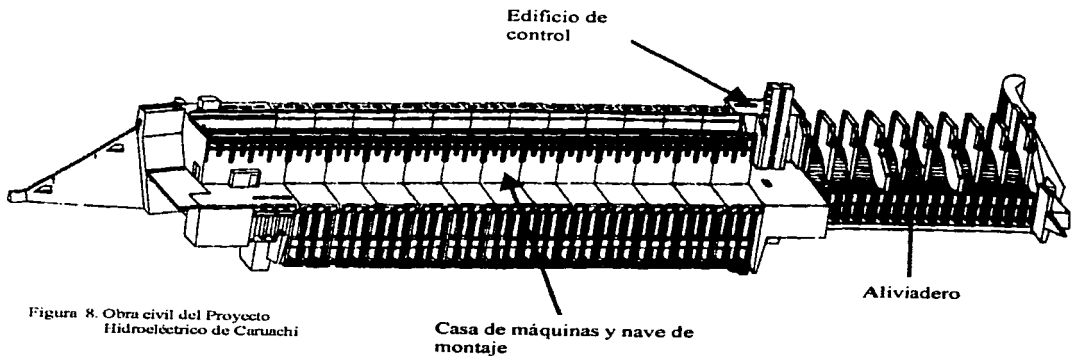
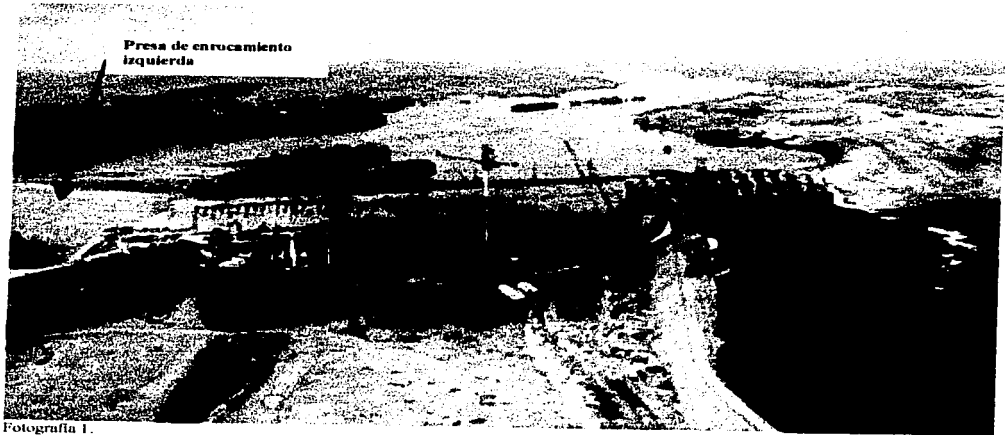
Número 12  
Tipo Paraguas  
Capacidad nominal por unidad 220 MVA  
Voltaje nominal 13.8 kv  
Número de Fases 3  
Frecuencia 60 Hz  
Factor de potencia 0.85  
Velocidad 94.74 r.p.m.

#### TRANSFORMADORES

Número 6  
Capacidad nominal 220/220/440 MVA  
Voltaje nominal 13.2/13.2/400 kv.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## Proyecto hidroeléctrico de Caruachi



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### \* Gestión ambiental

Un hecho de suma importancia ha sido el peso asignado por **CVG-EDELCA** a la variable ambiental en la etapa de formulación de esta obra, lo cual convierte a Caruachi en un proyecto de gran alcance a nivel regional y nacional.

Los especialistas que participan en este proyecto han establecido una serie de medidas y acciones ambientales, lo que ha traído como consecuencia la prevención o reducción de impactos que se identificaron en los estudios preliminares.

Es de indicar que el nivel general de los impactos ambientales previsto para el proyecto Caruachi es relativamente bajo, en razón de las condiciones del área, entre las cuales cabe mencionar las siguientes:

- Tierra de bajo potencial agrícola.
- Actividad agrícola incipiente.
- Gran proporción de las tierras afectadas son propiedad de la misma empresa.
- Escasa población a ser afectada, con viviendas precarias y baja dotación de servicios básicos.
- Escasas obras de infraestructuras a ser afectadas.
- Fauna muy intervenida producto del predominio de sabana y la presión cinegética.
- Recursos maderables ya explotados en casi su totalidad.
- Valores históricos y culturas pocos conocidos, pero con responsabilidades de realizar investigaciones y rescate del posible material de interés.
- Ausencia de comunidades indígenas.

El plan de manejo ambiental incluye un conjunto de iniciativas, definidas en tres campos de acción, para atender los impactos que han sido detectados y evaluados en forma previa a la materialización de este proyecto.

Cabe señalar así la agrupación de tales acciones en tres grandes clases: Proyectos de Prevención, proyectos de Compensación Ambiental y Proyectos de Investigación y Apoyo.

Como hemos señalado, la aplicación de estas medidas permitirá prevenir o disminuir los impactos atribuibles al proyecto, a la vez que mejorará las condiciones y el conocimiento ambiental existente en el área donde se desarrollará esta nueva central hidroeléctrica.

### **3.2 El contrato 103-31**

El contrato 103-31 "Construcción de la Casa de Máquinas, Presa de Concreto y Aliviadero. Montaje de Equipos Electromecánicos Auxiliares" de Caruachi; comprende la construcción, de la misma en todas sus partes, el suministro de todos los servicios, plantas, instalaciones, equipos provisionales, mano de obra, materiales combustible y cualquier elemento necesario para la realización de todo el trabajo de acuerdo con los términos y alcance de los Documentos del Contrato.

Las principales actividades del Consorcio DRAVICA dentro del Contrato son:

1. Movilización y desmovilización de equipos e instalaciones.
2. Proyectar, suministrar y montar sus oficinas generales, almacenes, talleres, y edificaciones misceláneas, así como cualquier obra que pueda requerir para realizar los trabajos.
3. Suministro, montaje y mantenimiento de las grúas y demás equipos de construcción.
4. Suministro y/o construcción de los encofrados especiales.
5. Control y desvío de las aguas provenientes de cualquier origen.
6. Suministro de los productos de acero que se requieren para la ejecución de la Obra.
7. Suministro, operación y mantenimiento de la planta de concreto.
8. Suministro, carga, transporte, y descarga del cemento.
9. Suministro, operación y mantenimiento de la planta de arena y del sistema de recuperación de agregados.
10. Suministro, operación y mantenimiento de plantas de hielo y refrigeración.

TFSIS CON  
FALLA DE ORIGEN

11. Construcción de:

- Casa de maquinas integrada por Obra de Toma, Z. Turbogeneradores y Naves.
- Aliviadero.
- Presas de Transición Derecha e Izquierda, Monolito Intermedio, de Contacto.
- Edificio de Operación y Control.
- Colocación de la pantalla de concreto restante de Presa de derecha.
- Plataforma de concreto para las torres de transmisión y obras exteriores.
- Puente Metálico sobre aliviadero (carretera de servicio)
- Puente parcialmente prefabricado al nivel de la plataforma de transformadores.

12. Montaje, instalación, pruebas y puesta en operación de los equipos suministrados por EDELCA:

- Rejas, compuerta de mantenimiento, compuertas de toma y partes empotradas.
- Compuertas para tubos de aspiración .
- Grúa Pórtico para tomas y tubos de aspiración.
- Interruptores y desconectores de generadores.
- Barras de fase aislada, cubiculos de protección contra ondas de impulso.
- Transformadores para servicios de la central y sistemas de incendios.
- Transformadores de distribución y tableros de baja tensión.
- Tableros de Control y Sistemas de Protección.
- Baterías.
- Cargadores e inversores.
- Compuertas Radiales con Winches hidráulicos y módulos de control.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



- Grúa pórtico permanente de aliviadero.
  - Equipos eléctricos y mecánicos misceláneos y accesorios
  - Tableros de distribución 125 v.
  - Rieles de alimentación eléctrica de grúas.
13. Trabajos exteriores
  14. Las reparaciones requeridas durante en período de garantía
  15. El funcionamiento y operación de todas las partes de la obra.
  16. Coordinar con los otros contratos.
  17. Suministrar servicios a otros contratistas.
  18. Limpieza del sitio después de terminada la construcción.
  19. Todas las demás obras y trabajos indicados en los planos o documentos del contrato.
  20. Cualquier otro trabajo relacionado directamente con las obras.

### 3.3 El Consorcio DRAVICA

Para la licitación del proyecto hidrológico Caruachi, el gobierno venezolano invitó a las principales empresas constructoras y suministradoras de equipos del mundo a presentar ofertas para cada uno de estos contratos.

Participaron 51 empresas especializadas, formando 12 consorcios que participarían en la licitación para la construcción de las obras civiles.

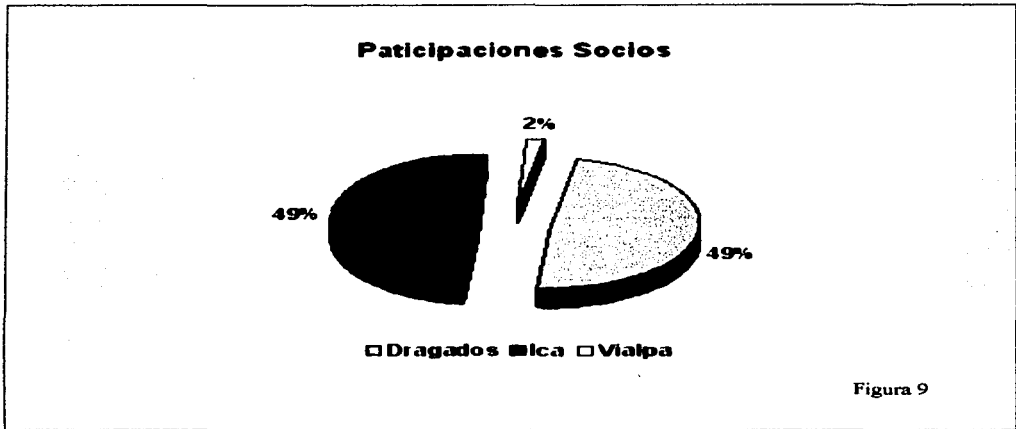
En marzo de 1994 la empresa de capital mexicano "Ingenieros Civiles Asociados" (ICA) decidió asociarse con la empresa española DRAGADOS Y CONSTRUCCIONES S.A. y con la empresa venezolana VIALPA S.A. de acuerdo a los siguientes porcentajes de participación:

Tabla 5. Conformación del Consorcio DRAVICA

Empresa	Participación
Dragados y construcciones S.A.	49%
Ingenieros Civiles Asociados S.A. de C.V.	49%
Vialpa C.A.	2%

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

El 25 de julio de 1996 las partes convinieron en constituir una agrupación temporal bajo el régimen de Consorcio para participar en la licitación para la construcción del proyecto Caruachi, resultando adjudicatarias al contrato 103-31 e iniciando la construcción en agosto de 1997.



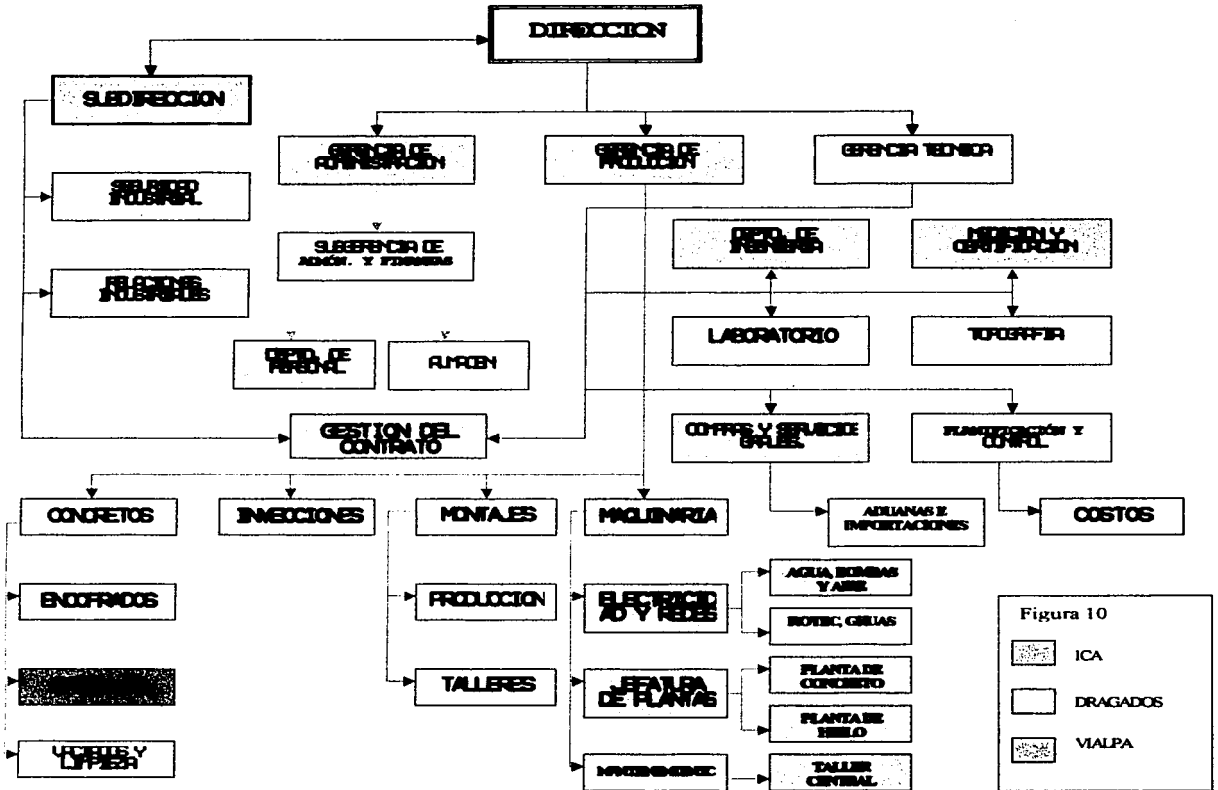
En cuanto a la organización de las diferentes áreas y disposición de cargos dentro del consorcio se estableció de acuerdo con la experiencia de los integrantes del consorcio en trabajos anteriores y considerando también las directivas y procedimiento de cada empresa.

Es importante mencionar que la organización del consorcio ha sufrido variaciones a través del tiempo, esto por las necesidades propias del proyecto y desde luego, buscando siempre una mejor coordinación y entendimiento entre las diferentes partes.

Así pues, el organigrama actual del consorcio a pesar de los cambios, ha mantenido como una constante la presencia de personal expatriado (personal de ICA o DRAGADOS) al mando de los puestos claves y la presencia de personal local en cargos de menor jerarquía. De esta forma, el organigrama general de Consorcio DRAVICA hasta abril de 2002 fue el siguiente:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# ORGANIGRAMA



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

### 3.4 Procedimientos de trabajo

El desarrollo de proyecto hidrológico Caruachi, contempla un cronograma de actividades el cual se extiende por más de diez años, desde la planificación, hasta la puesta en marcha de esta. La construcción de esta central hidroeléctrica, aún siendo considerada como una "microcentral"; plantea una labor de grandes magnitudes y por tanto, la participación de varias empresas y consorcios constituidos para tal efecto.

En el caso de los procedimientos de trabajo de Consorcio DRAVICA referentes al contrato 103-31, el tiempo estipulado de acuerdo con el mismo, va desde noviembre del 1997 hasta junio de 2003, es decir, más de seis años. A lo largo de dicho periodo los procedimientos de trabajo van cambiando de acuerdo a las etapas propias del proyecto.

En forma general y considerando que el contrato 103-31 en gran porcentaje corresponde a obra civil; podemos describir brevemente el desarrollo de las labores de consorcio DRAVICA dentro de las siguientes áreas.

#### 3.4.1 Sistemas de encofrados

En el área de la construcción, se denomina encofrado a todas las estructuras y moldes construidas o armadas con forma específica; las cuales sirven como base y soporte para realizar los vaciados de concreto. Una vez que el concreto ha secado, se procede a retirar dicho encofrado para dar paso a la estructura final de concreto armado. Dentro de Caruachi se han utilizado diferentes tipos de encofrados detallados a continuación:

TIPO DE ENCOFRADO	PROCEDENCIA
BLASFORM	Residuales de presa Huites, México
ALUMA	Proveedor canadiense
EFCO	Proveedor venezolano
TMC	Proveedor español

Cada tipo de encofrado cuenta con sistemas de ensamble y fijación diferentes y su aplicación depende de la estructura a encofrar. A continuación relataremos los sistemas de cada uno de los tipos de encofrado usados y las áreas en las cuales se utilizaron.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- **BLASFORM**

Encofrado recto sin patas de cantilever, deteriorado por uso anterior en la Presa de Huites, México.

La aplicación de este encofrado se realizó en vaciados abiertos y entre juntas. La fijación se realizó con tornillos laterales y el alineamiento con Sheet Bolt's y tensores rastreros; generalmente fue poco usado, sólo en zonas de concreto no visto, durante los años 1998 y 1999.

- **ALUMA**

Encofrados rectos con sistema de cantilever, techos con fijación en pilas o con andamios de piso, ojivas bajas con rodillos para desencofrado y gatos de ajuste.

Este tipo de encofrado se usó desde 1999 y continuará su uso hasta termino de obra. Las áreas donde principalmente se utilizan son:

- Encofrados de pilas de Aliviadero.
- Encofrado Recto y Curvo Pilas de Obra de Toma.
- Encofrado Recto especial en pilas del tubo de aspiración.
- Ojivas bajas de aliviadero.
- Techos de salida del Tubo de Aspiración (TA -213,214,215,216).
- Techos de Obra de toma Curvos (OT-137-138...50)

- **EFCO**

Estos encofrados se usaron en el inicio de los trabajos en el aliviadero en 1999, se aplicaron en las pilas de aliviadero de 4.50 metros de alto con fijación con pasante y cantilever.

Principalmente se usaron para los siguientes vaciados:

- 2 Juegos de Pilas principales hasta PP-XX-202.
- 2 Juegos de Pilas Intermedias.
- 2 Juego de Pilas aliviadero aguas abajo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- TMC

Estos encofrados se utilizaron principalmente en: Techos de fijación simple y aligerados, ojivas ligeras empotradas al concreto existente, Muñones de aliviadero, encofrado cilíndrico de la zona Turbogeneración y techos del mismo apoyados en losas de sección irregular.

Las zonas donde se colocaron dichos encofrados fueron:

- Techos de Obra de toma a partir del 152.
- Techos de salida del Tubo de Aspiración TA-xx-221.
- Ojivas Superiores con acabado liso del Aliviadero (Piel del demasio).
- Muñones del aliviadero.
- Encofrado Cilíndrico Inferior ZT-xx-111 y 112.
- Encofrado de la zona de turbogeneración (ZT 101, hasta ZT 117).
- Techos de Zona de turbogeneración ZT-xx 120 en adelante.

El TMC es el encofrado de detalle para zonas difíciles y se utiliza desde el año 2000 hasta término de la obra.

#### PROCEDIMIENTO DE ENCOFRADO

1. Nuevo o desencofrado, el encofrado se envía al taller de encofrados.
2. En el taller se repara, se lubrica y se ensambla para revisar que cumpla con la geometría de los planos.
3. Se revisa y reviste de tornillería, se fabrican remates y se ajusta por defectos de fabricación o deformaciones por uso.
4. Se cargan y se transportan a la zona donde se va a montar.
5. Se descargan en playa teniendo cuidado de no deformarlos o maltratarlos, sobre todo las secciones curvas o especiales.
6. Se elevan con las grúas Clyde, Grúas sobre Neumáticos o Torres Grúa hasta su posición definitiva.
7. Se sujetan con los rabos de cochino de espera dejados expreso ahogados en el vaciado anterior.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

8. Una vez fijados al concreto se amarran con tensores internos al piso del vaciado anterior.
9. Los tableros se van uniendo entre sí basándose en tornillos (encofrado metálico) o longarinas (encofrado mixto o de madera).
10. Se alinean con los puntos y cotas topográficas utilizando hilo cañamo y plomada con tolerancias que varían según la zona que se esta trabajando.
11. Se lubrican por ultima vez y se rematan las juntas con masilla automotiva, estopa, madera, tapones plásticos, etc.
12. Se pide liberación del encofrado a la inspección que se inicia con la alineación, la limpieza, la lubricación y los remates.
13. Una vez liberado se inicia el vaciado, algunas veces parcialmente quedando remates por realizar, y dependiendo del volumen de concreto y la velocidad del vaciado.
14. Durante el proceso de vaciado de concreto, se cuidan los chiboles, se ajustan por que la vibración los afloja, y se realiza cualquier reparación en caso de problemas.
15. En vaciados de losas y techos antes y durante el vaciado se inspecciona la cimbra que sostiene el encofrado para evitar accidentes.
16. Una vez terminado el vaciado y realizado el corte verde, se espera el tiempo mínimo de fraguado para desencofrar que para los vaciados verticales es de 12 horas y en los techos de 7 días.
17. En las Ojivas tanto de aliviadero como las de la zona TurboGeneradora existen encofrados que se deben de remover a las 7 horas de haber iniciado el vaciado para darle un acabado pulido a mano a las zonas en contacto con agua. Se repite el proceso.

#### 3.4.2 Proceso de colocación de cabilla

La "cabilla" es el nombre común que se le da a las barras cilíndricas de acero corrugado que sirven de refuerzo al concreto. Comercialmente la "cabilla" es suministrada por el fabricante en una medida estándar; generalmente es en tiras a 12 metros de largo. Sin embargo, en el caso de Caruachi, se solicitaron cerca de 90 000 toneladas con una longitud

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

especial (18 mtrs.) para optimizar el corte y reducir el desperdicio de material.

En Caruachi se han usado dos tipos de cabilla y seis diámetros diferentes. Los tipos se definen por su origen en japonesa y venezolana; los diámetros se especifican por los diámetros de 3, 4, 5, 6, 8 y 11 octavos de pulgada.

La especificación técnica para la cabilla japonesa es de grado 42, que significa que tiene una resistencia a la tensión de  $f_y = 4\ 200\ \text{Kg./cm}^2$ , mientras que la venezolana fabricada en la Siderúrgica del Orinoco (SIDOR) en Puerto Ordaz, es de grado 50 o sea  $f_y = 5\ 000\ \text{Kg./cm}^2$ .

Adicionalmente, y como respuesta a algunos problemas de ingeniería en juntas de construcción, se ha sustituido el acero pasante, con la instalación de conectadores mecánicos tipo Lenton y BarGrip que han demostrado su eficiencia en pruebas de laboratorio.

Una de las técnicas que permitieron realizar la colocación de la cabilla en Caruachi de forma rápida y sin interferir en las demás labores, fue el proceso de prearmado de las mismas. Este proceso consiste en prearmar la cabilla en talleres; se realizaron emparrillados de 12 metros de largo por 12 de ancho.

Posteriormente los emparrillados se trasladaban y se montaban en los sitios requeridos por medio de grúas; este procedimiento evitó interferir con los trabajos de encofrados y de igual forma se logró disminuir el riesgo latente para los obreros, pues así no tenían la necesidad de trabajar durante largos periodos en alturas considerables.

En tal sentido, el Ing. Carlos Estévez (DRAGADOS), en su carácter de jefe de cabillas, tuvo una lucha constante para que el cliente aceptara este sistema, pero una vez implantado logró evitar retrasos y mejoró la productividad.

**PROCEDIMIENTO DE CORTE, TRANSPORTE, ARMADO, MONTAJE, FIJACIÓN Y REMATE DE CABILLA.**

- a. La cabilla se pesa en almacén central para verificar su tonelaje.
- b. Llega al taller de cabilla donde se baja y se acomoda en tongadas de diámetros iguales.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



- c. Se revisa que cada tongada este debidamente identificada para su trazabilidad.
- d. Se despieza el plano de cabillas de las unidades a fabricar.
- e. Se insertan los datos de corte en la computadora de la máquina de corte incluyendo traslapes, dobleces y desperdicios.
- f. Se coloca la cabilla en la máquina con grúa y se inicia el proceso de corte para después pasar por la máquina dobladora.
- g. Las posiciones o piezas de cabillas se etiquetan por nombre de vaciado y número de posición. Dichas etiquetas salen impresas del computador del equipo de corte.
- h. Los paquetes de cabillas clasificados por vaciado y posición se almacenan en el patio del taller de cabillas.
- i. Al pedido del tajo se cargan y envían por medio de las "Gandolas" (camiones) esta el sitio del vaciado.
- j. Si es una parrilla prearmada se colocan los "pollos" o apoyos de concreto y se distribuye la cabilla en los dos sentidos (vertical y horizontal).
- k. Una vez colocada la cabilla se inicia el proceso de amarre con alambre galvanizado y tenazas.
- l. Mientras tanto dentro del vaciado se colocan los apoyos de estructura metálica o de la misma cabilla que sostendrán la parrilla al ser izada.
- m. Cuando los apoyos están firmes y la parrilla esta terminada y asegurada con contravientos diagonales, se procede a montarla al mástil de izaje.
- n. Este mástil es un tubo de acero con argollas soldadas a lo largo, que permiten tener 4 puntos de agarre de la parrilla y cuatro cables de distribución de carga del gancho de la grúa Clyde al mástil.
- o. Con presencia del departamento de seguridad, se levanta del suelo la parrilla y de monta en su posición final.
- p. Se amarra y fija a los soportes previamente colocados y al acero de traslape de la parrilla anterior.
- q. Una vez fija se suelta y la grúa regresa el mástil a playa.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- r. Si no es una parrilla, el acero se sube en paquetes de posición y se inicia su distribución manual con la obvia disminución del rendimiento.
- s. En siguiente paso es el de revisar tanto las posiciones en número, ángulo, traslape, y doblado para acercarlas al encofrado dando el recubrimiento y pidiendo la inspección correspondiente.

### 3.4.3 Sistema de transportación y colocación de concreto.

Para el transporte y colocación del concreto en el proyecto Caruachi, Consorcio DRAVICA realizó un "ESTUDIO DE SISTEMAS DE EJECUCION DEL CONCRETO", mediante el cual se definirían los equipos necesarios para llevar a cabo los trabajos de obra civil del contrato 103-31.

En el esquema general de coberturas se estudiaron tanto las vías de acceso como los caminos de servicio para el transporte de concreto, haciéndose necesarias las siguientes vías: en las cotas 40 (dos vías), 24 (una vía con retorno), 35 (dos vías) , 64.50 tanto atrás de la presa izquierda como en "el nido del águila" en Nave de Montaje y Presa Derecha. También se estudiaron los radios de giro de las Towercrane (grúas torre) cuyas posiciones serían una en la cota 40 aguas arriba y otra en la cota 24 aguas abajo además como las de las Cretercrane en los diferentes accesos.

También se estudio el esquema de colocación de los bloques extremos con las Towerbelt y las diferentes posiciones de la Cretercrane en la primera etapa de ejecución con la rodadura sobre la excavación.

Los niveles de alcance con la Cretercrane según este esquema en CASA DE MAQUINAS eran:

- AGUAS ARRIBA de la cota 40 a la cota 57
- AGUAS ABAJO de la cota 24 a la cota 33.50
- AGUAS DEBAJO de la cota 35 con un relleno a la cota 55.50.

En una segunda etapa, una de las Cretercrane se subiría aguas arriba hasta la cota 60 (en la realidad sólo se subió hasta la cota 50) y las grúas Clyde vaciarían el resto de la obra con balde o cubo.

Sin embargo en un segundo estudio se decidió utilizar las Towerbelts para ejecutar esta segunda etapa montando una sobre la cota 40 aguas arriba y otra que originalmente estaba planeada en la cota 35 y que en obra se

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

decidió colocarla en la cota 24 para que alcanzara toda la zona de turbo generación y la Obra de Toma. Esta última decisión limitó el alcance de la dos Clydes colocadas en la misma cota 24.00 aguas abajo.

En otro esquema se presentó los alcances de las Towercrane que puede colocar a 25 metros de altura respecto a la posición de la plataforma de transferencia y hasta 60 metros de altura con relación al nivel de desplante y dependiendo del número de anillos que la forme. Estas máquinas tienen como limitación los 30 grados de inclinación de sus bandas.

El estudio arrojó que la elevación de la plataforma en la Towercrane aguas arriba sería 66.37 pero en la realidad se tuvo que elevar 9.30 metros más hasta la elevación 75.67 para poder vaciar hasta la elevación 93.24.

En aguas abajo también se pensó en la cota 66.37 pero era necesario elevarla otra sección de 9.30 la plataforma para alcanzar la altura de los muros de grúa que es de 93.24.

En el aliviadero también se tuvieron dos etapas, la primera fue con la Cretercrane hasta la elevación 55, tanto aguas abajo como aguas arriba. En esta etapa se realizaron las cimentaciones y los arranques de pilas tanto principales como intermedias.

La segunda etapa fue con la Towerbelt aguas arriba hasta la cota 93.25, incluyendo todas las pilas y ojivas del aliviadero y la presa izquierda a partir de la cota 60. La opción de utilizar la Cretercrane elevada en la estructura para vaciar ojivas fue desechada por problemas de interferencia.

Otras opciones como la de alimentar la Towerbelt con la Cretercrane, o colocar cintas transportadoras adicionales para alcanzar los puntos más altos fueron desechadas ya que al trabajar la Tower a 30 grados en sus dos banda de salida, con la plataforma en la cota 75.00, se logró vaciar el aliviadero tanto aguas arriba como aguas abajo.

Actualmente sólo la zona de Turbo generación y el concreto de segunda etapa necesitaran estudios especiales y vaciados con bomba de concreto por lo inaccesible de estos vaciados.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

El equipo necesario para esta obra se resume en la siguiente tabla.

EQUIPO	MODELO	CAPACIDAD MÁX.	DESEMPEÑO REAL EN OBRA	USO
Cretercrane 1	240	120 m <sup>3</sup> por hora	80 m <sup>3</sup> por hora	1998
Cretercrane 2	200	100 m <sup>3</sup> por hora	80 m <sup>3</sup> por hora	1998-2001
Cretercrane 3	200	100 m <sup>3</sup> por hora	80 m <sup>3</sup> por hora	1998-2001
Towerbelt 1	9852	350 m <sup>3</sup> por hora	120 m <sup>3</sup> por hora	1998-2002
Towerbelt 2	9852	350 m <sup>3</sup> por hora	120 m <sup>3</sup> por hora	1998-2003
Tolvas (5 unidades)	AugerMax	7.5 m <sup>3</sup> por tolva	7.5 m <sup>3</sup> por tolva	1998-2001
Silobuses (9 unidades)	Hi Boy	18 m <sup>3</sup> por Silobus	9 m <sup>3</sup> por Silobus	1998-2003
Silobuses (9 unidades)	Hi Boy	9 m <sup>3</sup> por Silobus	9 m <sup>3</sup> por Silobus	2000-2001

Tabla 6. Maquinaria utilizada para transportación y colocación de concreto.

También se utilizaron 3 camiones revolvedores de 7 m<sup>3</sup> cada uno, dos bombas estacionarias putzmeiter de 30 m<sup>3</sup> por hora, una bomba sobre camión putzmeiter - iveco de 30 m<sup>3</sup> por hora, 5 baldes de 3 m<sup>3</sup> y grúas Clyde de emergencia.

Como Equipo menor se utilizaron 128 vibradores de 4", 25 vibradores de 2" todos neumáticos, manguera, acoples rápidos y accesorios diversos.

#### PROCEDIMIENTO NORMAL PARA EJECUCIÓN DE UN VACIADO

1. Se libera el vaciado por parte de la inspección de zona (Aliviadero, Casa de Maquinas u Obra de Toma).
2. Se entrega el protocolo de vaciados que incluye la siguiente información:
  - a) Nombre y zona del vaciado.
  - b) Volumen, tipo de mezcla, y rendimiento esperado.
  - c) Recursos a utilizar (equipo mayor o equipo menor), personal a utilizar.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- e) Croquis explicativo con cota de vaciado, número de capas, espesor de capas, sentido de vaciado y posicionamiento del equipo.
3. Se revisa la posición del equipo y el alcance del mismo incluyendo la manguera del tipo trompa de elefante.
  4. Se revisa la seguridad de los equipos, verificando las uniones de manguera, los perros de amarre, los limitadores de las bandas, y la nivelación de la grúa en el caso de las Creter Crane, incluyendo la revisión del terreno.
  5. Se revisan los vibradores y las herramientas necesarias para dar el acabado al concreto.
  6. Se revisa o se dota al personal de equipo de seguridad como botas, lentes y cascos, también se dan impermeables para lluvias ligeras y se tienen rollos de plástico para proteger el vaciado.
  7. Se revisa el sistema de comunicación (radios) para no tener problemas al momento de vaciar.
  8. Se pasan los datos a planta de concreto al supervisor de transporte.
  9. El supervisor de transporte asigna un número específico de Hi Boys al vaciado dependiendo de los siguientes criterios:
    - a) Distancia del Vaciado.
    - b) Grado de dificultad y rendimiento del vaciado.
    - c) Número de vaciados simultáneos a los que arranca.
    - d) Número de Hi Boys disponibles en planta.
  10. Se preparan los caminos por los que se transitara, con Motoconformadora y Rodillo.
  11. El Hi Boy sale de planta con un recibo que indica:
    - a) Nombre del Vaciado
    - b) Número del Hi Boys
    - c) Número de Mezcla
    - d) Fecha de salida.
  12. Simultáneamente el equipo de colocación se prueba y se limpia en todas sus partes.
  13. Los Hi Boys o Silobuses llegan a la tolva entregan el contra recibo al acomodador que verifica que el concreto sea de la resistencia y de la mezcla solicitada y procede a descargarlo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

14. El operador de la tolva informa tanto al caporal del vaciado como al operador del equipo y a los mecánicos de campo de la existencia de concreto en la tolva para proceder a vaciarlo.
15. Se arrancan las cintas y el concreto corre por ellas para caer por el manguerón a 1.5 metros de altura sobre de la capa de concreto existente.
16. Al caer el concreto la cuadrilla de vibradoristas inicia el vibrado en capas de 50 cm. de espesor y realizando inmersiones distribuidas y repetitivas hasta conseguir expulsar la mayor cantidad del aire incluido en el concreto y así compactarlo y darle, homogeneidad y textura a la superficie.
17. Se tiene especial cuidado en la zona cercana al paramento para no afectarlo y dejar la superficie a desencofrar en perfectas condiciones.
18. El concreto se extiende en capas de 5 a 8 metros de largo y en escalera o capa corrida dependiendo del tipo de vaciado (PILA o MASIVO).
19. En el proceso se maniobra con los equipos de colocación entre el caporal de vaciados y los operadores cuidando la seguridad del personal.
20. Al llegar a la capa superior se da el acabado requerido por parte de los albañiles y con la herramientas necesarias.
21. Una vez terminado el vaciado se procesa a la limpieza del equipo de vaciados. Después se transita hasta su nueva posición cuidando las maniobras de colocación y anclaje dirigidas por el superintendente de maniobras

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# 4

## **MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS TOWERBELT Y TOWERCRANE**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### **4.. Mantenimiento de los equipos Towerbelt y Towercrane**

La maquinaria utilizada dentro de los trabajos del proyecto Caruachi fue seleccionada un función de estudios previos en las diferentes áreas y labores comprendidas por el proyecto.

Como parte de los acuerdos entre las empresas que conforman Consorcio DRAVICA, la primera opción para la adquisición de la maquinaria y equipos fue obtenerlos de otras obras o almacenes propios de las empresas, cuando las condiciones así lo permitieran.

En segundo término, se planeó la compra de maquinaria y equipo de acuerdo con los requerimientos técnicos, el tiempo de utilización de cada equipo, el presupuesto general del proyecto y diversas consideraciones más.

Por último, cuando las condiciones anteriores no podían ser cumplidas por razones presupuestales o técnicas; se recurrió a la renta de algunos equipos.

#### **4.1 Clasificación de la maquinaria**

La maquinaria se clasifica con el objeto de llevar a cabo el control y el manejo administrativo de la misma. En forma general, Consorcio DRAVICA clasifica la maquinaria y equipo de la siguiente forma:

##### **A. Maquinaria mayor**

Se considera maquinaria mayor aquella que reúna tres o más características indicadas a continuación:

- Aquellas que desarrollen su trabajo de forma autónoma y tengan un motor de 70 HP o mayor.
- Aquellas cuyo precio de adquisición sea superior a 50 mil dólares americanos.
- Maquinas que requieran controlar su vida útil y mantenimiento en base a las horas de duración de sus conjuntos.
- Maquinaria con peso mayor a 5 toneladas y volumen superior a 8 metros cúbicos.
- Embarcaciones o aeronaves que requieran operarios especializados, matrícula o abanderamiento de la secretaria o ministerio de estado

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



correspondiente y además que posean para su locomoción motores de 75 HP y deban de programar el mantenimiento de sus conjuntos en base a horas de utilización.

#### B. Maquinaria menor

En general son maquinas cuya vida útil y mantenimiento es controlado por meses de trabajo. La maquinaria menor cumple también alguna de las siguientes características:

- Aquellas que desarrollen su trabajo de forma autónoma y tengan un motor menor a 70 HP.
- Aquellas cuyo precio de adquisición sea inferior a 50 mil dólares americanos.
- Maquinaria con peso menor a 5 toneladas y volumen inferior a 8 metros cúbicos.
- Aquellas que se incorporen a una unidad móvil para lograr su ubicación en los lugares a ser utilizadas como petrolizadoras, ollas revolventoras, grúas, etc.

#### C. Transportes y remolques

Se considera a una maquinaria dentro de esta clasificación, cuando cumple con tres o más características a continuación mencionadas.

- Cuya actividad básica sea el transporte (personal o carga).
- Que circule por las vías públicas de comunicación.
- Que requiera para su circulación los permisos necesarios de la dependencia de policía y tránsito correspondiente.
- Que no tengan incorporados adaptaciones de otros equipos como grúas, ollas revolventoras, equipos de lubricación, etc.

#### D. Embarcaciones menores

Se considera embarcación a toda unidad que reúna las siguientes características:

- Las que realicen sus actividades en un medio acuático.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- Que no requieran para su funcionamiento a un operario especializado.
- Que sólo utilicen matrícula de identificación y no de navegación.
- Aquellas que no requieran para su locomoción motores mayores a 100 HP.

#### E. Equipos de apoyo

Se considera dentro de esta clasificación a los equipos que por sus características no se puedan contemplar en ninguna de las clasificaciones anteriores.

#### 4.1.1 Programa de mantenimiento de maquinaria

Siendo DRAVICA un consorcio integrado por empresas de gran renombre en el ramo de la construcción a nivel internacional, los procedimientos utilizados para el cumplimiento de sus labores son acordes con los estándares de calidad manejados en la actualidad.

En tal sentido, el aspecto de mantenimiento de maquinaria y equipo es considerado como elemento esencial en las actividades del consorcio. La aplicación de un programa de mantenimiento confiable se refleja en varios aspectos, entre los más importantes tenemos:

- a) Conservar la integridad física de los operarios, usuarios y personal en general; así como la conservación de los equipos mismos, garantizando de esta forma la seguridad industrial y obteniendo una incidencia mínima de accidentes a lo largo del tiempo de la obra.
- b) Evitar los tiempos muertos debido a la interrupción del trabajo por la falta de un equipo o maquinaria, garantizando de esta forma productividad.
- c) Evitar retrasos en los cronogramas y tiempos de ejecución establecidos dentro del contrato de la obra y de esta forma evitar las penalizaciones económicas por concepto de atrasos.
- d) Garantizar la vida útil de la maquinaria y equipos, evitando así los gastos innecesarios en reparaciones y nuevas compras, de esta

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

forma se garantiza el apego al presupuesto y se optimiza el uso de los recursos financieros y humanos.

- e) Garantizar las especificaciones técnicas establecidas en los planos originales del proyecto, en las normas de construcción vigentes y en las demandadas por el cliente.

#### 4.1.2 El programa de mantenimiento preventivo MQ

En el ámbito del mantenimiento, el consorcio acordó utilizar para facilitar la gestión y el control del mantenimiento de las maquinas existentes dentro de la obra, una aplicación informática desarrollada por DRAGADOS Y CONSTRUCCIONES.

El nombre de dicha aplicación es MQ, este programa se desarrolló aplicando las tecnologías informáticas actuales (ambiente Windows, información en base de datos relacional, etc.) que hace sencillo su uso, así como su mantenimiento y futuras actualizaciones.

El programa MQ se aplica en computadores con procesador Pentium (mínimo), se requiere tener instalado Microsoft Access, sistema operativo Windows 95 (o superior) y resolución del monitor de 800 x 600 pp (recomendado).

El MQ es un programa útil en todas las obras de construcción en las cuales el numero de maquinas en servicio es lo suficientemente amplio, para hacer que sea compleja la planificación del mantenimiento preventivo. Con MQ se lleva un control de mantenimiento sencillo y eficiente.

Básicamente el MQ está compuesto por cinco módulos diferentes, cuyos objetivos son servir de herramienta de ayuda al Jefe de Maquinaria de la obra.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Estos módulos están conectados entre sí permitiendo compartir la información.

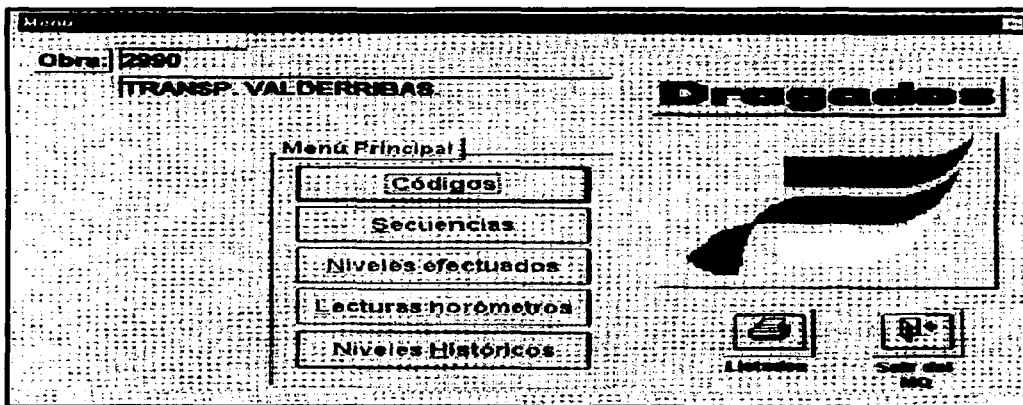
El MQ es un programa en ambiente Windows. Mantiene el estilo y estándares de este tipo de entorno operativo, haciendo que su manejo sea intuitivo, es decir, no requiere grandes conocimientos informáticos para poder operarlo.

La información inicial y la aportación de datos posteriores puede efectuarla el jefe o responsable de maquinaria o cualquier otra persona delegada por él ( personal administrativo, secretaria, mecánico, etc.).

## MÓDULOS DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO MQ

### a) MQ (Mantenimiento Preventivo):

Mediante este módulo se planifica el mantenimiento preventivo de las maquinas existentes en la obra.



Este módulo permite las siguientes acciones:

- Registra información referente a lectura de horómetros, niveles realizados a las maquinas, secuencias, etc.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- Genera un planning de maquinas con niveles de mantenimiento previstos para los siguientes diez días de trabajo.
- Lista los mantenimientos efectuados y prevé su comunicación al parque de forma global (PM - 21), histórico de niveles realizados, situación en las que se encuentra la maquina a su salida de la obra, etc.

**Código Máquina**

Obra: 7993: MOV. TIERRAS AER. BARAJAS

**Dragados**

INTRODUCE EL CÓDIGO DE LA MAQUINA

44143

Marca: CATERPILLAR Modelo: 16-G

Código Secuencia: 253

Horómetro: 16.000 Horas trabajo / día: 20

Fecha último reset: 18-01-1997 Horas desde último nivel: 0

Máquina en obra:  Sí  No Para cambiar este valor, presione en el teclado con el ratón

250	500	250	1000	250	500	250	2000	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Aceptar Baja Cancelar

b) Inventario

El módulo de inventario sirve para llevar el control de la maquinaria que existe en la obra.

El módulo inventario permite:

- Conocer las características principales de la maquina, el tajo donde se encuentra ubicada, así como la obra, fechas y horómetro de procedencia y destino.
- Acceder mediante un botón a los operadores o conductores adscritos a tal máquina.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- Obtener un listado de características principales, datos relacionados con la entrada y salida de la maquinaria y situación de la misma por tajos.

**Inventario Maquinas**

**CODIGO MAQUINA:** 12004      **Obra:** 78508      **MOVIMIENTO DE TIEMPOS PA:**

**TIPO:** CAMION ESP. OTROS USOS      **MARCA:** PEGASO      **MODELO:** 1217 30MAN

**MATRICULA:** MLEA-MS      **TURNO:** 3      **TAJO:** Personal

**CARACTERISTICAS**

**SP SERIE MAQUINA:** FV-0787      **SP SERIE MOTOR:** FSD1252      **ARRANGEMENT:**

**POTENCIA (CV):** 125,00      **DEPOSITO (L):** 10,05      **PESO (TNE):**

**TAMA FRESCADA:**      **TAMA NEVADA:**      **TEXTOS:**

**NEUMATICOS:** 6-1 FIRESTONE CROSS-LINO 12,00-20

**LLEGADA**

**PROVENIENCIA:** UTE-BARAJAS      **LLEGADA:** 17/03/1987      **USO:**

**INDICETRO:**      **OBSERVACIONES:**

**SALIDA**

**DESTINO:**      **FECHA:**      **SALIDA:**

**INDICETRO:**      **OBSERVACIONES:**

**Personal Asociado a Máquina**

**NOMBRE:** JUAN

**APELLIDOS:** GARCIA GARCIA

**MATRICULA:** 5181

**PROFESION:** OPERADDR

**CATEGORIA:** OFICIAL 1º      **CONTRATO:** OBRA

**TURNO:** TURNO 1º

**MANEJA:** 14629

**OBSERVACIONES:**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

c) Averías

Este módulo sirve para controlar las averías que se producen, independientemente de su importancia. Su objetivo principal es registrar la carga de trabajo de mantenimiento correctivo para cada una de las maquinas.

**Averías Máquinas**

CÓDIGO MÁQUINA: 14629      Uds: 250      TRANSP. VALDERRAS

TIPO: DUMPER      MARCA: FABCO      MODELO: FALPAK 75-B

TARJ: PK. 183

FECHA AVERÍA: 04/03/1998      DESCRIPCIÓN: ROTURA TRANSMISIÓN

GRAVEDAD: GRAVE      PROFESIÓN: MECÁNICO      REPUESTOS: SI

FECHA REPARACIÓN: 05/03/1998      HISTORIAL: SI

Aceptar      Cancelar

Este módulo también permite introducir datos de selección tales como: gravedad de la avería, especialidad de la persona para la reparación, necesidad de repuestos, históricos de averías de la maquina, etc.

**Criterios Estado Averías**

**MÁQUINA**

Código:

Todas:

**GRAVEDAD**

Leves       Urgentes

Graves       Todas

**HISTORIAL**

Si       No       Todas

Imprimir Estado

Salir

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

d) Personal

El módulo de personal contiene los datos básicos de todo el personal de maquinaria (mecánicos, operadores, etc.)

En el caso de los operadores y conductores, los relaciona con la (s) máquina(s) que tienen adjudicadas en el turno que trabajan.

En este módulo es posible también obtener listados de empleados por número de matrícula, nombre maquinaria y turno.

The screenshot shows a software window titled "Personal" with a close button (X) in the top right corner. The window contains a form for entering employee data. At the top, there is a field labeled "INTRODUCE EL NÚMERO DE LA MATRÍCULA" with the value "5181" and a "Días" field with the value "250". Below this, there are fields for "NOMBRE" (JUAN) and "APELLIDOS" (SANCHEZ MOYANO). The next row contains "PROFESIÓN" (OPERADOR), "CATEGORÍA" (OPIA), and "CONTRATO" (PARQUE). The following row has "MÁQUINA ASOCIADA" (14629) and "TURNOS" (FNO DÍA). Below that is "MÁQUINAS QUE MANEJA" (14511) and an "OBSERVACIONES" field. At the bottom, there are three buttons: "Aceptar", "Baja", and "Cancelar".

e) Disponibilidad

Mediante un formulario desplegable que comprende las máquinas incluidas en el "Inventario" permite introducir las horas de trabajo, averías y paradas.

El objetivo de este módulo es calcular la disponibilidad mecánica y los coeficientes de aprovechamiento y utilización para cada máquina o en general.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Entrada Datos Disponibilidad

MES  AÑO  Obra

MÁQUINA	HORAS		
	TRABAJO	PARADA	AVENA
<input type="text" value="14511"/>	<input type="text" value="100"/>	<input type="text" value="20"/>	<input type="text" value="10"/>
<input type="text" value="14623"/>	<input type="text" value="200"/>	<input type="text" value="10"/>	<input type="text" value="8"/>

Este módulo permite también obtener listados para un mes definido o desde el inicio de la obra.

Enteros Listado Disponibilidad

FECHA

Mes

Año

Desde Origen

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### **4.2 Descripción de los sistemas Towerbelt y Towercrane**

Los equipos Towerbelt (sistema de bandas transportadoras) y Towercrane (grúa torre) son dos equipos diseñados para trabajar en forma conjunta; con ellos se realizan operaciones de elevación, transportación y colocación de concreto o algún otro material en condiciones en las cuales parámetros como altitud, distancia y tiempo de vaciado del material son determinantes.

El sistema de bandas transportadoras Towerbelt 85-70, es un sistema diseñado para aplicaciones específicas conjuntamente con la grúa torre Towercrane Linden TC2400; ambos conjuntos diseñados y construidos por la compañía estadounidense ROTEC Ind.

El sistema Towerbelt consiste en cuatro bandas transportadoras (conveyors) de las cuales dos de ellas son usadas como bandas alimentadoras y las otras dos forman un brazo de largo alcance con articulación en dos planos. Las bandas alimentadoras miden 140 (42.7 mts.) y 22 pies (6.7 mts.) respectivamente. El conveyor alimentador de 140 ft. puede ser inclinado con respecto a la horizontal y acepta material desde el contenedor suministrador de mezcla. El conveyor alimentador de 22 ft. es montado sobre la plataforma de la grúa torre (Towercrane) y conecta al conveyor alimentador de 140 ft. con los conveyors de colocación.

Los conveyors de colocación miden cada uno 131 ft. (39.9 mts.) de longitud y ambos están conectados por un "swivel" de transferencia (junta giratoria de transferencia). Los conveyors de colocación están suspendidos al mástil de la grúa y al gancho (hook) de la pluma de la misma, respectivamente.

El alcance máximo de los conveyors de colocación es de 260 ft. (80 mts. aprox.), todavía ellos pueden ser retraídos completamente usando el "carro" de la grúa torre que se encuentra montado sobre la pluma de la misma; para regresar material a la base del mástil de la grúa torre. Encontrándose en su extensión máxima, los conveyors de colocación pueden ser girados 270 grados. Un alcance mayor de los 270 grados puede ser logrado mediante una junta de forma curva colocada entre los dos conveyors de colocación. La máxima inclinación del conveyor principal es  $\pm 25$  grados o 33 metros por arriba o por debajo de la horizontal.

Tres de los cuatro conveyors son impulsados por motores eléctricos de 50 HP con engranaje reductor. El conveyor restante (22 ft) es impulsado por un motor eléctrico de 20 HP acoplado al conveyor por medio de

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

cadena de transmisión. La velocidad de los conveyors es variable dependiendo de la razón de reducción seleccionada en el engranaje reductor que acopla al motor y al conveyor.

El material es descargado a través de un "tremie" de seguridad (tren de seguridad) conectado con la "trompa de elefante" (elephant trunk). El "tremie" de seguridad es eléctricamente controlado para liberar el material que pasará a través de la "trompa de elefante". El "tremie" de seguridad cuenta con una sirena de advertencia que alerta al operador de la grúa torre en caso de existir una posible condición de sobrecarga dentro de este.

Un poderoso disco de frenado es provisto al final del primer conveyor de alimentación, la función de este es estabilizar los conveyors cuando existen ráfagas de viento o para fijarlos en cierta posición cuando es requerido.

Por otra parte, la Towercrane Linden TC 2400 es una grúa torre, la cuál interactúa con al sistema de bandas descrito anteriormente. Dentro de las características generales de este equipo se puede mencionar que es una máquina de alta tecnología, cuyo cerebro principal lo conforma un PLC (Controlador Lógico Programable) el cual se encuentra respaldado en caso de falla por otro PLC de iguales características.

El conjunto de la grúa en sí (cabina del operador, pluma, carro, etc) se encuentra montada sobre secciones tubulares de acero que se ensamblan entre ellas para dar la apariencia de una torre circular. La base de la grúa torre puede ser de dos tipos dependiendo los requerimientos del usuario. La base de la grúa puede ser del tipo fija o del tipo viajera, esto es, permite el desplazamiento longitudinal de toda la estructura mediante la utilización de riles y motores eléctricos.

La grúa torre es autoizable, esto es, el ensamble inicial se realiza con la utilización de otro tipo de grúas y cuando la altura impide el uso de estas, la grúa torre cuenta con un sistema hidráulico que le permite erigirse por sí misma. Cuenta también con plataformas que le permiten acoplarse y trabajar conjuntamente con el sistema Towerbelt, además, sirven para la supervisión y el mantenimiento de la misma.

El acceso a la cabina del operador, que se encuentra en lo alto de la grúa, se realiza a través del interior de las secciones tubulares en las cuales se instala una escalera. La grúa torre cuenta con diversos sistemas de seguridad que garantizan su propia conservación y la seguridad de los operarios.

En términos generales, la grúa torre llega a tener un peso superior a las 650 toneladas y una altura mayor a 100 metros, dependiendo las secciones tubulares utilizadas en función del requerimiento de trabajo.

En los trabajos de construcción del complejo hidroeléctrico de "Caruachi", son usadas dos Towercrane TC2400, cada una de ellas con un sistema de bandas Towerbelt, una de ellas se encuentra "aguas arriba" de la presa de concreto y la otra "aguas a bajo", los conjuntos mencionados son utilizados básicamente para la transportación y colocación de concreto; desde luego, la Towercrane también es utilizada en otras aplicaciones requeridas por el proyecto.

#### 4.2.1 Especificaciones técnicas para el equipo Towercrane

### ROTEC HI-TOWER TOWER CRANE - Model TC2400 -

30 METRIC TONS at 80 METERS  
60 METRIC TONS at 40 METERS

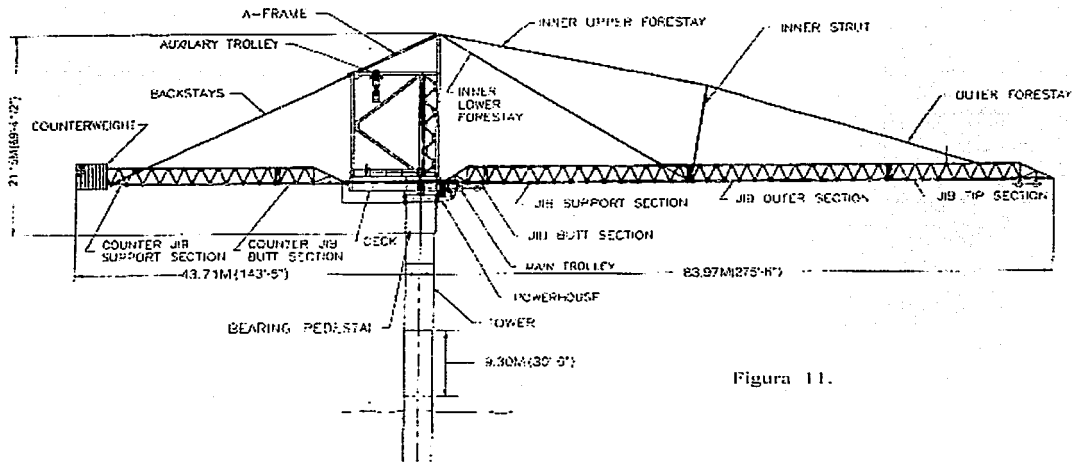


Figura 11.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

a) Especificaciones técnicas.

1. Radio de la "pluma" (Jib)	84 m	276 ft.
2. Radio máximo de trabajo	80 m	262 ft.
3. Altura por debajo del gancho		
Base tipo fija	95 m	311 ft.
Base tipo viajera	108.8 m	357 ft.
4. Capacidad máxima de carga	60 000 kg	132 000 lb.
5. Capacidad del mástil	3400 tons - metro	26600 ft-kip
6. Secciones del mástil (max.10)	3.5 m de diámetro x 9.3 m de alto	11'-6" de diam. x 30'-6" de alto
7. Erección de la grúa	Auto-izable mediante gatos hidráulicos	

b) Especificaciones de desempeño.

MODO DE OPERACION		OPERACION CON 2 LINEAS	OPERACION CON 4 LINEAS	COMENTARIOS
RANGOS DE OPERACION	Capacidad de carga (tons) / rango de trabajo (m)	30 / 80	60 / 40	Máximo rango de alcance del conveyor: 100 m
	Alcance total de elevación	Ver siguiente tabla		
	Rango de giro de la pluma	360 grados		
VELOCIDAD DE OPERACION	Velocidad del hoist (m/min)	60T-4 lineas	18	
		30T-2 lineas	37	
		20T-2 lineas	60	Regulable
		Gancho vacío	75	
	Vel. del "carro" (20 tons) (m/min)	80		Regulable
	Velocidad de rotación (rpm)	0.5		Regulable

\* Velocidades basadas en operación  
de voltaje a 50 Hz

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

ALCANCE DE ELEVACIÓN	CON 2 LINEAS	CON 4 LINEAS
ALTURA DE ELEVACIÓN (m)	+ 94	+ 94
	- 150	- 30
RANGO DE ELEVACIÓN (m)	244	124

\* Basado en la máxima altura de la grúa torre (con 10 secciones).

\* La referencia cero para la altura de elevación se considera la base de la torre

c) Especificaciones de suministro de energía eléctrica.

- 6 000 volts, 3 fases en delta, con recomendación de aislantes de 7.2 KV (mínimo).
- Poder total requerido: 1000 KVA

d) Peso aproximado de los componentes en toneladas.

1. Conjunto de la pluma (Jib assembly).....300
2. Pedestal de la pluma ..... 31
3. Secciones tubulares (máx. config. con 10)  
(con escaleras y plataformas) .....320
4. Casa de máquinas y cabina de operador..... 27

Peso total aproximado de la Tower crane  
con torre de 10 secciones circulares : 678 tons. métricas

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

4.2.2 Especificaciones técnicas para el equipo Towerbelt

### ROTEC TOWERBELT Model TC2400 TOWER CRANE

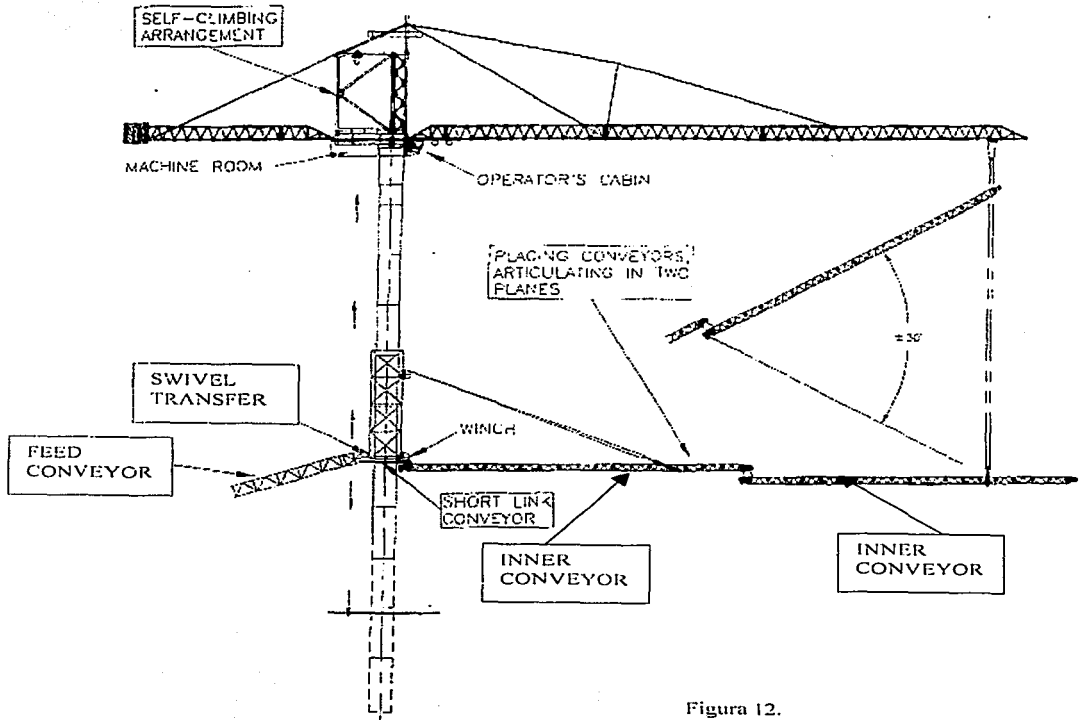


Figura 12.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

1. Alcance máximo de vaciado .....100 m
2. Inclinación máxima ..... +30 °
3. Ancho de la banda (belt width)..... 76.2 cm
4. Añadidura máxima a la banda .....15.2 cm
5. Volumen máximo transportado a 0° de inclinación y ancho de banda de 91.4 cm.....6.4 m<sup>3</sup> /min
6. Seguridad ..... Equipado con "tremie" electrónico de seguridad.
7. Operación.....Tres motores eléctricos de 50 H.P. s a 440, 3 fases y 60 Hz. Un motor eléctrico de 20 H.P., 3F y 60 Hz.
8. Estructura..... Aleación de acero de alta resistencia
9. Acceso.....Plataformas de traslado y corredores cubiertos
10. Peso y longitud de los conveyors:

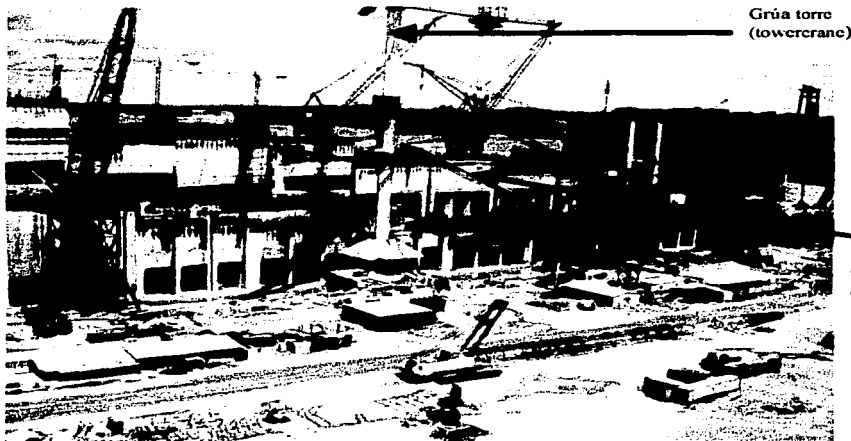
DESCRIPCION	CANTIDAD	PESO (tons.)	LONGITUD (metros)
Fedd conveyor	1	17.8	42.7
Swivel transfer	1	1.2	6.7
Inner conveyor	1	16.6	39.9
Outer conveyor	1	16.6	39.9

11. Velocidad de transferencia y capacidad de los conveyors\*

\* Véase apéndice A



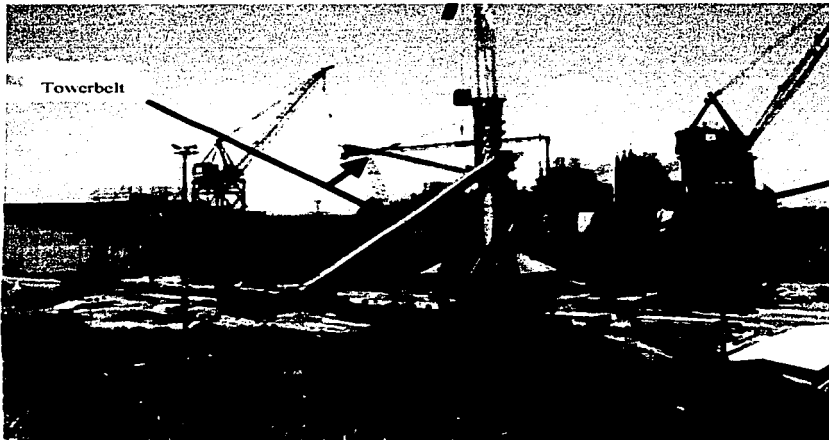
## Conjunto Towerbelt / Towercrane



Grúa torre  
(towercrane)

Bandas  
transportadoras  
(towerbelt)

Fotografía 2.



Towerbelt

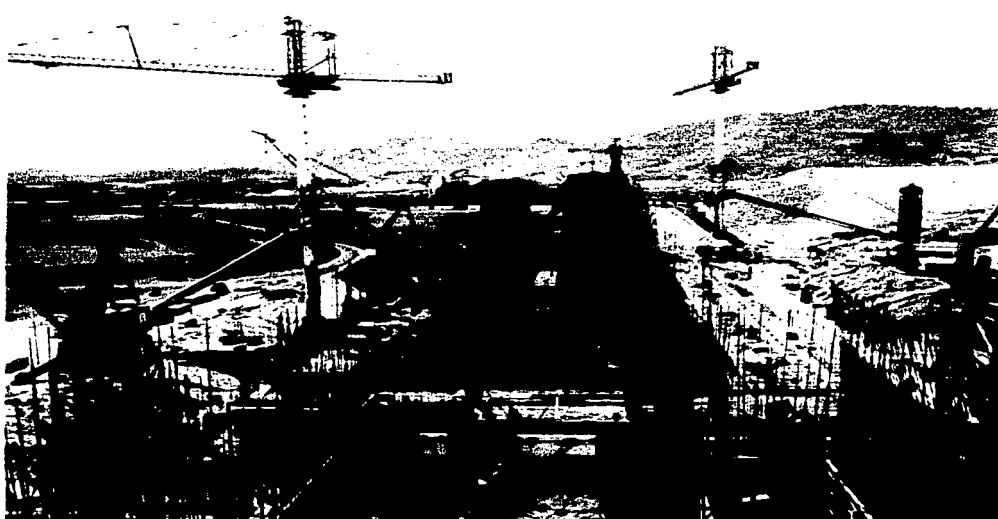
Base viajera de  
La grúa torre

Fotografía 3.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Fotografía 4.



Fotografía 5.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### **4.3 Mantenimiento preventivo de los sistemas Towerbelt y Tower crane**

La parte central de este trabajo se encuentra reflejado en el presente capítulo. Siendo la Towercrane y la Towerbelt equipos de alta tecnología clasificados por su costo como maquinaria mayor y siendo herramientas de trabajo indispensables en las tareas de construcción del proyecto hidroeléctrico de Caruachi, se consideró de forma especial el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para estos equipos.

Considerando que la gestión del mantenimiento para la Towercrane y la Towerbelt no estaba incluido dentro de la aplicación MQ (software de administración y control de maquinaria); la jefatura del departamento de maquinaria del consorcio DRAVICA, nos encomendó la tarea de desarrollar una bitácora de mantenimiento preventivo para los mismos.

La finalidad de dicha bitácora fue fundamentalmente evitar los paros no deseados, mantener la una operatividad constante y evitar también el pago de mantenimiento proporcionado inicialmente por el constructor de los equipo, el cual implicaba un gasto mensual considerable.

Siendo de esta manera, con el apoyo del personal del departamento de maquinaria, desarrollé la "Bitácora de mantenimiento preventivo para la Towercrane y la Towerbelt"; apoyándonos para ello en el Manual del propietario para seguridad, servicio, mantenimiento y operación; proporcionado por el fabricante (Industrias ROTEC) y en la experiencia obtenida en la colaboración en el mantenimiento previo realizado inicialmente por personal calificado enviado ex profeso por el fabricante.

La bitácora de mantenimiento que a continuación se presenta, no pretende sustituir de ninguna forma al manual del propietario proporcionado por el constructor de los equipos, por el contrario, la bitácora debe ser usada conjuntamente con dicho manual.

Toda vez que la Towerbelt y la Towercrane son maquinas con un conjunto muy amplio de subsistemas y componentes; el futuro usuario de esta bitácora debe considerarla sólo como una guía rápida para poder familiarizarse con la periodicidad de los procedimientos a seguir en el mantenimiento preventivo de esta maquinaria, es decir, se debe conocer y seguir al pie de la letra todos y cada uno de los procedimientos indicados en el manual del propietario, especialmente la sección 7.1<sup>\*\*\*</sup>, la cual se refiere a información sobre operación y servicio.

---

<sup>\*\*\*</sup> Apéndice B

Cabe mencionar que en la bitácora desarrollada no contempla el mantenimiento de dispositivos electrónicos, no obstante en ese sentido, los sistemas Towerbelt y Towercrane son gobernados por un PLC (Controlador lógico programable) modelo Premium TSX P57 10M fabricado por Telemecanique; el sistema contempla otro PLC de iguales características conectado en redundancia como sistema de seguridad, este último entra en operación actúa instantáneamente al fallar el primer PLC.

De la misma forma el conjunto Towercrane y Towerbelt cuenta con diversos dispositivos electrónicos como sensores de proximidad, areómetros, balizas, actuadores, interruptores y demás elementos a los cuales se les da un mantenimiento periódico o se remplazan según se requiera; la periodicidad de tal mantenimiento se desarrolla tomando como base el manual de operación proporcionado por el fabricante del conjunto.

En el caso de los PLC's, el manual de operación contempla solamente limpieza e inspección ocular de los mismos cada quince días, cabe mencionar que al respecto no se ha presentado falla alguna en los elementos mencionados.

Se hace necesario mencionar también, que la bitácora se concentra principalmente en los elementos electromecánicos por ser los más susceptibles de falla por la naturaleza misma de su operación.

Siendo así, en las siguientes hojas se presenta el formato de la "Bitácora de mantenimiento preventivo para los sistemas Towerbelt y Towercrane"; el mismo formato en la práctica es acompañado de otros formatos en los cuales se registran los procedimientos de mantenimiento revisados, las fechas, los datos de los horómetros, el nombre del personal técnico que realice el procedimiento, etc.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# Bitácora de mantenimiento preventivo

## Sistema Towerbelt

COMPONENTE	SERVICIO	INICIANDO TURNO	POR SEMANA	POR MES	CADA 6 MESES	POR AÑO
<u>PLATAFORMA DEL WINCH Y CONVEYOR</u>						
	Revisar el nivel de aceite del engranaje.....					X
	Cambiar aceite del engranaje.....					X
<u>UNIDADES DE PODER</u>						
Condición del filtro de aceite	Revisar.....		X			
	Reemplazar (cambiar cuando encienda el indicador)					
Mangueras, accesorios y adaptadores	Revisar.....		X			
	Revisar y apretar.....					X
Mangueras y abrazaderas	Revisar si está sucio.....					X
	Reemplazar el fluido/ limpiar el tanque.....					X
Enfriador de aceite de la unidad de poder principal	Limpia espas del ventilador..... (Ver manual del fabricante)					X
	Limpieza interna..... (Ver manual del fabricante)					X
	Limpieza externa ..... (Ver manual del fabricante)				cuando se requiera	

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# Bitácora de mantenimiento preventivo

## Sistema Towerbelt

COMPONENTE	SERVICIO	INICIANDO TURNO	POR SEMANA	POR MES	CADA 6 MESES	POR AÑO
	Revisar torque de las válvulas del ventilador (Ver manual del fabricante)		X			
Motores eléctricos	Lubricar rodamientos de la flecha a través del orificio ubicado al final de cada eje.....					8 meses
Todos los motores eléctricos	Revisar y limpiar las rejillas de ventilación.....		X			
<b><u>TOWERBELT - INNER Y OUTER CONVEYORS</u></b>						
Motor eléctrico de 50 H.P.	Revisar que el ducto de llenado y respiración no este atascado.....		X			
	Revisar el nivel de aceite del reductor.....		X			
	Cambiar aceite del reductor.....				X	( o cada 300 hrs.)
Freno del motor	Revisar separación del imán.....		X			
	Revisar desgaste del disco.....		X			
Motor eléctrico	Revisar y limpiar las rejillas de ventilación.....		X			
Freno del Inner Swivel	Revisar el revestimiento y ajustar.....					X

ESTESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# Bitácora de mantenimiento preventivo

## Sistema Towerbelt

COMPONENTE	SERVICIO	INICIANDO TURNO	POR SEMANA	POR MES	CADA 6 MESES	POR AÑO
Rodamientos del Inner Swivel	Lubricar a través de los cuatro orificios de engrasado.....					X
Freno del Outer Swivel	Revisar revestimientos y ajustar.....					X
Dispositivo de nivelación	Lubricar actuador a través de la carcasa.....					X
Pasadores de retención (dispositivo de nivelación)	Lubricar a través del orificio de lubricación.....					X
Ranuras del tornillo de bola (dispositivo de nivelación)	Lubricar ranuras.....			X		
Cola del raspador	Limpiar y lubricar.....		X			
Chumaceras de las flechas de los rodillos (todos)	Lubricar.....			X	(dos veces por semana)	
Correderas (dispositivo tensor de la banda)	Limpiar.....			X		
Cilindro hidráulico y componentes (dispositivo tensor de la banda)	Revisar si existen fugas, cortes o rajaduras.....					X
Cabeza del raspador	Limpiar, revisar, rotar o reemplazar si es necesario.....					X

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

# Bitácora de mantenimiento preventivo

## Sistema Towerbelt

COMPONENTE	SERVICIO	INICIANDO TURNO	POR SEMANA	POR MES	CADA 6 MESES	POR AÑO
Bandá del conveyor (todos)	Revisar condiciones generales y limpieza.....		X			
	Revisar tensión de bandas.....		X			
	Alineación de bandas.....		X			
	Revisar empalmes.....		X			
Rodamientos de los rodillos	Revisar que los valeros estén limpios y giren libremente.....		X			
	Lubricar a través de los orificios de engrase..... (6 orificios para rodillos "u") (4 orificios para los rodillos de la parte inferior)			X		
Trimie Electrónico	Ajustar y probar.....		X			
Conveyors (todos)	Limpiar el concreto residual.....					diario
	Revisar estructura.....					cada semana
	Revisar condiciones de los cuerdas, cables y mangueras hidráulicas.....					X

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



# Bitácora de mantenimiento preventivo

## Sistema Towerbelt

COMPONENTE	SERVICIO	INICIANDO TURNO	POR SEMANA	POR MES	CADA 6 MESES	POR AÑO
<b><u>BANDAS TRANSPORTADORAS (BELT CONVEYOR)</u></b>						
	Lubricar chumaceras (orificios de engrase).....					<b>X</b>
	Revisar el estado de la banda y de los empalmes.....					<b>X</b>
	Lubricar cadena y piñón de transmisión.....					<b>cada 2-4 hrs. de operación</b>
	Revisar el estado de la cadena de transmisión.....					<b>X</b>
	Revisar la tensión de la cadena de transmisión.....					<b>X</b>
	Revisar la tensión de la banda.....					<b>como se requerido</b>
	Limpiar el concreto del conveyor.....					<b>diario</b>
<b><u>CONJUNTO DE LA BRIDA (INNER CONVEYOR)</u></b>						
Ejes transversales (Cross shafts)	Lubricar.....					<b>X</b>
Poleas	Lubricar.....					<b>X</b>
	Revisar que las poleas giren libremente, que estén apro- piadamente ensambladas con los pasadores, que estén asegu- radas y en buen estado.					
	Revisar desgaste.....					<b>X</b>
	Revisar a fondo.....					<b>X</b>

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

# Bitácora de mantenimiento preventivo

## Sistema Towerbelt

COMPONENTE	SERVICIO	INICIANDO TURNO	POR SEMANA	POR MES	CADA 6 MESES	POR AÑO
<u>CONVEYORS (LINE FEED AND METERING)</u>						
Motor de 300 H.P. de la unidad de poder	Lubricar la flecha del motor a través de los orificios ubicados al final de la flecha.....					X
Rodamientos de rodillos "U" (Todo los conveyors)	Lubricar a través de los seis orificios.....					X
Rodamientos de la parte inferior de los rodillos (line y feed conveyor)	Lubricar a través de los cuatro orificios.....					X
Todos los rodillos	Revisar que todos los valeros estén limpios y giren libremente.....					X
Chumaceras de rodillos	Lubricar el cojinete de los rodamientos a través de los orificios.....					X
Cabeza del raspador	Limpiar y revisar, rotar o reemplazar si es necesario.....					X
Banda del conveyor	Revisar limpieza y condiciones generales.....					X
Reductor	Revisar nivel de aceite.....					X
Motores eléctricos	Revisar y limpiar rejillas de ventilación.....					X
Correderas (Slides) (Dispositivo tensor de bandas)	Limpiar.....					X
Cilindro hidráulico y componentes (dispositivo tensor de bandas)	Revisar si existen fugas, cortes o rajaduras.....					X

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

# Bitácora de mantenimiento preventivo

## Sistema Towercrane

COMPONENTE	SERVICIO	INICIANDO TURNO	POR SEMANA	POR MES	CADA 6 MESES	POR AÑO
<b><u>HOIST (ELEVADOR) PRINCIPAL Y CONJUNTO DEL FRENO</u></b>						
Ajuste del freno	Revisar y ajustar.....					X
Freno mecánico	Lubricar eje de giro y conexiones.....					X
Rodamientos de la flecha del tambor	Lubricar a través de los orificios de lubricación.....					X
Tambor del hoist	Revisar el cable embobinado en el tambor.....					X
<b><u>CONJUNTO DEL SLEW DRIVE</u></b>						
Reductor	Cambio de lubricante (después de las primeras 1000 hrs, después cada 2000 hrs o una vez por año)					
Freno	Cambio de lubricante (igual que el reductor)					
Balancín del diente del engranaje	Aplicar lubricante.....					X
Rodamiento del eje del reductor	Lubricar a través de los orificios de engrasado.....					X

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# Bitácora de mantenimiento preventivo

## Sistema Towercrane

COMPONENTE	SERVICIO	INICIANDO TURNO	POR SEMANA	POR MES	CADA 6 MESES	POR AÑO
<u>TRANSMISIÓN DEL CARRO, CONJUNTO DEL FRENO PRINCIPAL Y AUXILIAR</u>						
Freno	Revisar y ajustar..... <b>como sea requerido</b>					
Poleas	Revisar que las poleas giren libremente, que estén apropiadamente ensambladas con los pasadores, que estén aseguradas y en buen estado.  Revisar desgaste..... <b>X</b>  Revisar a fondo..... <b>X</b>					
Rodamientos de las poleas	Lubricar..... <b>X</b>					
Conjunto de la transmisión	Cambio de lubricante <b>(después de 50-100hrs, después cada 2000 hrs. o anualmente)</b>					
<u>CONJUNTO DEL CARRO</u>						
Estructura	Revisar si existen dobleces, fisuras en la soldadura, desgaste inusual u otros daños..... <b>X</b>					
Rodamientos de las poleas	Lubricar..... <b>X</b>					
Poleas	Revisar que las poleas giren libremente, que estén apropiadamente ensambladas con los pasadores, que estén aseguradas y en buen estado.  Revisar desgaste..... <b>X</b>  Revisar a fondo..... <b>X</b>					

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

# Bitácora de mantenimiento preventivo

## Sistema Towercrane

COMPONENTE	SERVICIO	INICIANDO TURNO	POR SEMANA	POR MES	CADA 6 MESES	POR AÑO
Ruedas del balancín del eje	Lubricar.....		X			
Ruedas del balancín	Revisar desgaste inusual.....	X				
	Revisar que las ruedas giren libremente.....		X			
Ruedas del balancín (sólo carro principal)	Lubricar.....		X			
Freno del carro de emergencia	Revisar condición.....	X				

### CONJUNTO DEL BRAZO COLGANTE

Rodamientos de poleas	Lubricar.....		X			
Poleas	Revisar que las poleas giren libremente, que estén apro- piadamente ensambladas con los pasadores, que estén asegura- das y en buen estado.					
	Revisar desgaste.....		X			
	Revisar a fondo.....		X			
Pasador de la polea del brazo	Lubricar.....		X			

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# Bitácora de mantenimiento preventivo

## Sistema Towercrane

COMPONENTE	SERVICIO	INICIANDO TURNO	POR SEMANA	POR MES	CADA 6 MESES	POR AÑO
Soporte del eje del brazo	Lubricar.....					X
Polcas del brazo y soporte del eje del brazo	Revisar rango de operación apropiado.....					X
<b>CONJUNTO DEL HOIST</b>						
Rodamientos de poleas	Lubricar.....					X
Polcas	Revisar que las poleas giren libremente, que estén apropiadamente ensambladas con los pasadores, que estén aseguradas y en buen estado.  Revisar desgaste.....  Revisar a fondo.....					X
Cerradura de seguridad	Revisar si no está dañada y revisar funcionalidad.....					X
Gancho (hook)	Revisar que gire libremente.....  Lubricar eje de giro.....  Revisar desgaste inusual.....  Revisar longitud de la boca del gancho para prevenir aberturas indeseables.....					X

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# Bitácora de mantenimiento preventivo

## Sistema Towercrane

COMPONENTE	SERVICIO	INICIANDO TURNO	POR SEMANA	POR MES	CADA 6 MESES	POR AÑO
	Revisar dobleces en el gancho y desgaste.....		X			
	Revisar a fondo el gancho (usando magnaflux, rayos x, etc.).....					X
<b><u>SOPORTE GIRATORIO</u></b>						
	Lubricar..... (a través de orificios de engrase)		X			
	Inspección ocular.....		X			
<b><u>PERNOS DE LA SECCION TUBULAR DE LA TORRE</u></b>						
	Revisar torquco de tuercas.....					X
<b><u>CABLES DE ACERO Y CONEXIONES FINALES</u></b>						
	Revisar las condiciones del cable de acero, revisar que las conexiones finales estén ensambladas apropiadamente y sin daños.....		X			
	Inspeccionar a fondo el cable de acero y las conexiones finales.....			X		
	Lubricar los cables del hoist.....					X
	Lubricar el cable del conjunto de la transmisión.....			X		
	Limpiar cables.....					cada 2 años

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# Bitácora de mantenimiento preventivo

## Sistemas Towerbelt / Towercrane

COMPONENTE	SERVICIO	INICIANDO TURNO	POR SEMANA	POR MES	CADA 6 MESES	POR AÑO
<u>GENERAL</u>						
	Inspección visual de grúa y conveyors.....					X
Sistema de translación (Base viajera)	Alineación de ruedas.....					X
	Revisar presión de ruedas.....					X
Casa de máquinas	Limpiar PLC's.....				cada 300 hrs.	
Winches	Limpiar y engrasar estoperas y rodamientos.....				cada 250 hrs	
<u>ESTRUCTURA</u>						
	Revisar torqueo de pernos.....					X
	Engrasar pernos para evitar corrosión.....					X
	Revisar condiciones de soldadura, Juntas y pintura. Verificar si existe oxidación o rupturas.....					X

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## CONCLUSIONES

Una vez expuesto todos los tópicos referentes al tema del presente trabajo, puedo puntualizar las siguientes conclusiones:

Debido a las tendencias comerciales actuales, la producción y óptima utilización de la energía eléctrica es de suma importancia para lograr un desarrollo industrial y económico sostenido. Por ello es muy importante que en México se instituya una cultura del cuidado y aprovechamiento racional de la energía eléctrica. Además es indispensable crear políticas económicas que garanticen la inversión en el rubro de la generación, para de esta forma fomentar el desarrollo industrial de nuestro país.

La generación de la hidroelectricidad en los países en los cuales las condiciones hidrológicas y climáticas lo permiten, debe considerarse como una prioridad, tomando en cuenta su importancia estratégica y también la rentabilidad económica, ya que generar electricidad por este medio es barato en comparación con otras formas; además desde el punto de vista ecológico, la hidroelectricidad es una de las formas más limpias de generación por tanto el cuidado del medio ambiente se garantiza.

El desarrollo e implementación de programas eficientes para el mantenimiento preventivo de sistemas, herramientas, maquinarias y dispositivos utilizados por las empresas para llevar a cabo sus tareas, resulta ser un factor imprescindible para alcanzar un nivel de calidad que garantice la competitividad comercial, la seguridad del personal y de los equipos mismos. Hay que resaltar que este punto es muy importante si consideramos las tendencias globalizadoras actuales en las cuales la demanda de una mejor calidad es cada vez mayor, por ello, el único camino para lograr esa calidad es depurar y optimizar los procedimientos de operación y de esta forma se puede acceder a las certificaciones actuales en el área de calidad (normas ISO).

En este caso en particular, el desarrollo e implementación de la bitácora de mantenimiento preventivo para los equipos Towerbelt y Towercrane, cumplió con los objetivos iniciales, es decir; se mantuvo la operatividad de los equipos evitando paros indeseados por desperfectos, se mantuvo una incidencia nula de accidentes de trabajo en el área operativa de estos equipos, además; se logra conservar el buen estado de la maquinaria en cuestión, alargando así su vida útil y garantizando a su vez un buen precio de reventa.

Por otro lado el profesionista de nuestros días y no sólo me refiero al Ingeniero Mecánico Electricista; debe estar cada día más preparado. Tenemos que adaptarnos de forma rápida a las exigencias del mercado

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

laboral actual y para ello es muy importante desarrollar y adquirir nuevas capacidades sobre todo en el área de las nuevas tecnologías, el uso de las computadoras y el dominio de otros idiomas principalmente del Inglés, ya que la mayor parte de los documentos científicos y técnicos vienen escritos en éste idioma; además, siendo el Inglés el lenguaje de comunicación mundial debemos saber utilizarlo para comunicarnos de forma verbal con cualquier persona de nacionalidad diferente a la nuestra.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## GLOSARIO

Aliviadero. Estructura de concreto en la cual se empotran las compuertas para dejar salir el exceso de agua contenida en una presa.

Apartarrayo. Dispositivo metálico de protección utilizado para conducir las descargas eléctricas atmosféricas hacia tierra.

Atagüía. Barricada de tierra y piedras hecha para desviar un río de su cause normal.

Banda transportadora. Sistema motorizado en la cual se transporta algún tipo de material sobre una banda de hule.

Carga eléctrica. Partícula subatómica (protón, electrón o neutrón).

Caruachi. Lugar geográfico de Venezuela en el cual se desarrolla la construcción de la planta Hidroeléctrica.

Conveyor. Véase banda transportadora.

Coulumb. Unidad utilizada para medir cantidades de cargas (número de partículas subatómicas).

CVG. Confederación Venezolana de Guayana.

EDELCA. Electrificación del Caroni, empresa del gobierno venezolano encargada del desarrollo hidroeléctrico del río Caroni.

Embalse. Cuerpo de agua que resulta de la inundación provocada por un río al ser represado.

Energía potencial. Tipo de energía la cual depende de la masa y la altura con respecto al suelo de un objeto.

Globalización. Tendencia económica y comercial actual que implica la apertura de las fronteras de las naciones a los productos y capitales extranjeros.

Ionización. Proceso mediante el cual un átomo gana o pierde electrones.

Kilovatio. Unidad utilizada para medir la potencia eléctrica.

MQ. Programa computacional utilizado para la gestión administrativa de la maquinaria de una obra.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

PLC. Programmable Logic Controller (Controlador lógico programable)

Presa. Estructura de concreto utilizada para represar grandes masas de agua.

Seccionador. Dispositivo mecánico utilizado para interrumpir un bcircuito eléctrico.

Subestación. Dispositivo eléctrico utilizado para el control y distribución de la energía eléctrica.

Tensión . Nombre común que se le da a la diferencia de potencia o voltaje entre dos puntos.

Terajoule. Unidad utilizada para medir energía.

Trimie. Dispositivo electrónico de seguridad del sistema Towerbelt para evitar que el concreto se derrame.

Turbina. Dispositivo mecánico el cual gira por efecto del impulso del agua y transfiere dicho movimiento a una flecha de un generador

## BIBLIOGRAFIA

Square D Company. Fundamentos de electricidad  
1995, México D.F.

Square D Company. Fundamentos de control eléctrico  
1995, México D.F.

Square D Company Fundamentos de distribución eléctrica  
1995, México D.F.

CONELEC. Manual Eléctrico  
3ª Edición. 1990, México D.F.

William D. Stevenson. Elements of Power System Analysis  
2a Edición. 1997, USA.

ROTEC Inc. Towercrane/Towerbelt system Owner's manual  
for safety, service, maintenance & operating  
USA.

WWW.Netdial.caribe.net/irbaspr...

WWW.cfe.gob.mx

WWW.eia.doe.gov

WWW.wikipedia.org

WWW.newmishydro.freeseve.com.uk

WWW.solisto.com

WWW.conelec.gob.ec

WWW.explora.cl

WWW.museoelectri.org.pe

WWW.eup.us.es/portada/infgem/planest/...

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# APENDICE A

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 2.7 75 H. P. Gear Box Reduction Ratios and Corresponding Belt Speeds

TABLE 2-1

GEAR/PINION NO.	MOTOR SPEED	1800 RPM	1500 RPM
	OVERALL SPEED REDUCTION	BELT SPEED FT. PER MIN. (METERS/MIN.)	BELT SPEED FT. PER MIN. (METERS/MIN.)
Gear #250-05-134-7001 (76 teeth) Pinion #250-04-086-7001 (48 teeth)	5.5 : 1	1,000 (304.8)	830 (253.0)
Gear #250-05-142-7001 (80 teeth) Pinion #250-04-078-7001 (44 teeth)	6.5 : 1	850 (259.1)	710 (216.4)
Gear #250-05-149-7001 (84 teeth) Pinion #250-04-071-7001 (40 teeth)	7.25 : 1	750 (228.6)	625 (190.5)
Gear #250-05-163-7001 (92 teeth) Pinion #250-04-056-7001 (32 teeth)	10.0 : 1	550 (167.6)	460 (140.2)
Gear #250-05-170-7001 (96 teeth) Pinion #250-04-050-7001 (28 teeth)	12.0 : 1	450 (137.2)	375 (114.3)

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

2.8 Conveyor Belt Speed Chart - 20 H.P. Link Conveyor

TABLE 2-2

BELT SPEED CHART

TEETH ON MOTOR SPROCKET	BELT SPEED* FT./MIN. (METERS/MIN.)	BELT SPEED** FT./MIN. (METERS/MIN.)
15	710 (216.4)	590 (179.8)
16	750 (228.6)	630 (192.0)
17	800 (243.8)	670 (204.2)
18	850 (259.1)	710 (216.4)
19	900 (274.3)	760 (231.6)
20	940 (286.5)	790 (240.8)
21	990 (301.8)	830 (253.0)
22	1040 (317.0)	860 (262.1)
23	1080 (329.2)	900 (275.3)
24	1130 (344.4)	980 (298.7)
25	1180 (359.7)	940 (286.4)
26	1230 (375.0)	1020 (310.9)
27	1270 (387.1)	1060 (323.1)

\* For countries with 60 cycle source motor speed - 1800 RPM

\*\* For countries with 50 cycle source motor speed - 1500 RPM

ROTEC motors are designed to operate at 360V/50 cycles or 440V/60 cycles.  
Belt speeds based on 60 tooth pulley sprocket and 6" diameter pulleys.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



2.14 Rotec 30" Port-O-Belt Capacities - Yd<sup>3</sup>/min.

BELT SPEED (fpm)	AGG SIZE (inch)	SLUMP (inch)	CONVEYOR ANGLE				
			0	10°	20°	25°	30°
750	1 1/2	2	11.0	9.0	7.0	6.0	4.0
		4	14.5	12.0	9.0	7.5	5.5
		6	13.0	11.0	8.5	7.0	3.5
900	1 1/2	2	12.5	11.0	8.0	7.0	5.0
		4	17.0	14.5	11.0	9.0	6.5
		6	15.0	13.0	9.5	8.0	4.0
750	3	2	9.5	8.0	6.0	5.0	3.5
		4	13.0	11.0	8.5	6.5	4.5
900	3	2	11.5	9.5	7.5	5.5	3.5
		4	15.5	13.0	10.0	7.5	4.5
650	6	0	7.5	6.5	5.0	3.5	N/R
750	6	0	8.5	7.5	5.5	4.0	N/R

**Shaded Areas:** Use caution when operating at steep angles. Rock bounce may create hazardous conditions especially with larger aggregates.

N/R - Not Recommended.

Note: This chart is prepared to average values. Variables such as aggregate configuration, additives, temperature and weather conditions will affect capacities.

2.15 Rotec 30" Port-O-Belt Capacities - M<sup>3</sup>/min.

BELT SPEED (M/min)	AGG SIZE (mm)	SLUMP (mm)	CONVEYOR ANGLE				
			0	10°	20°	25°	30°
230	35	50	8.0	6.5	5.0	4.5	3.0
		100	11.0	9.0	6.5	5.5	4.0
		150	9.5	8.0	6.5	5.0	2.5
275	35	50	9.5	8.0	6.0	5.0	3.5
		100	13.0	11.0	8.0	6.5	5.0
		150	11.5	9.5	7.0	6.0	3.0
230	75	50	7.0	6.0	4.5	3.5	2.5
		100	9.5	8.0	6.5	5.0	3.5
275	75	50	8.5	7.0	5.5	4.0	2.5
		100	11.5	9.5	7.5	5.5	3.5
200	150	0	5.5	5.0	3.5	2.5	N/R
230	150	0	6.5	5.5	4.0	3.0	N/R

**Shaded Areas:** Use caution when operating at steep angles. Rock bounce may create hazardous conditions especially with larger aggregates.

N/R - Not Recommended.

**Note:** This chart is prepared to average values. Variables such as aggregate configuration, additives, temperature and weather conditions will affect capacities.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# APENDICE B

## 7.17 Periodic Preventive Maintenance

### 7.17.1 Conveyor and Platform Winch

For information regarding oil level check, oil change interval and preventive maintenance, refer to publication PB-136 "Planetary Winch Preventive Maintenance" following Service Bulletin No. 507 in Appendix A.

Appendix A also contains information regarding installation, wire rope installation, trouble shooting, disassembly, cleaning and inspection, assembly, and bolt torque specifications.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**7.17.2 Hydraulic Power Unit Maintenance****1. Filter Condition:**

Each power unit for this system is equipped with one or more oil filters. Most of the filters have filter element condition indicators. It is important that filter condition be monitored regularly and that appropriate periodic servicing be maintained. Before a filter element becomes completely clogged, it should be changed to avoid contaminating the hydraulic fluid as the filter relief valve will open to prevent pump cavitation. Oil filter element change procedures are provided in Appendix O. These procedures cover the following power systems:

- Tower crane hoist pressure filtration
- Tower crane brake system filtration.
- Tower crane swing trolley system filtration.
- Hoist charge pressure filtration.
- Power house hydraulic system suction and return filters.
- Conveyor platform power unit.

**2. Hoses, Fittings, and Adapters:**

Check **daily** for leaks, cuts, crimps and other damage.

**3. Hose and Tube Clamps:**

On a **semi-annual** basis, check all tube clamps for tightness.

**4. Hydraulic Reservoir and Fluid:**

On a **daily** basis, check fluid level in reservoir. On a **monthly** basis, check fluid condition. Send a sample to the oil producer for analysis.

Change hydraulic fluid as is recommended after testing. If fluid remains in good condition, change fluid on an annual basis. Clean oil reservoir thoroughly before replacing hydraulic fluid.

**Recommended Hydraulic Fluid:**

- Use Rotec Golden Hydraulic Fluid

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

5. Oil Cooler - Tower Crane Power Unit:

For general maintenance information, refer to Appendix CC.

6. Hydraulic Oil Temperature:

Power house power unit oil temperature is monitored at the Tower Crane Indicator Panel. If oil temperature reaches 150 degrees F., an indicator lights alerting the operator of a high oil temperature condition.

The oil cooler fan is set to turn on at 120°F and turn off at 100°F.

7. 250 H.P. Main Hoist Electric Motors (2), 100 H.P. Swing Motor and 40 H.P. Trolley Motor - Lubrication:

Lubricate motor shaft bearings through grease fittings in motor casing (see figures 7.17.2.1 and 7.17.2.2).

Lubrication Interval: **Eight months.**

**CAUTION:** Refer to Appendix HH for specific lubricating instructions as well as for cautions regarding over-greasing.

**Note:** Grease zerks have not been supplied and must be installed before bearings can be lubricated.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

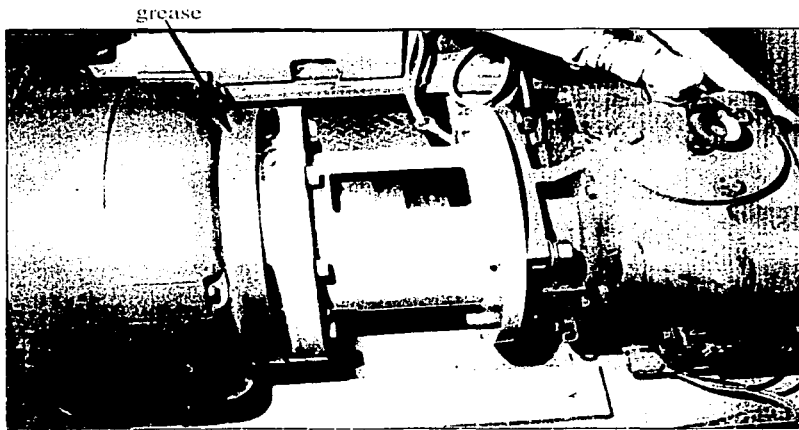


figure 7.17.2.1

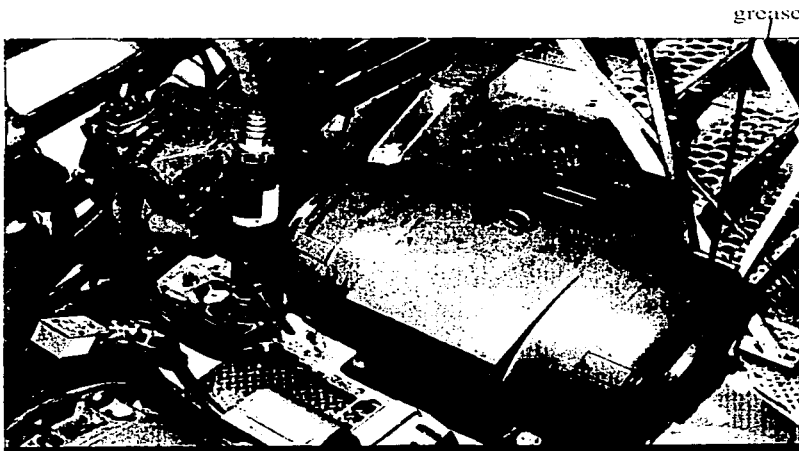


figure 7.17.2.2

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

7.17.3 Pendant Arm Assembly

1. Sheaves:

- Lubricate sheave bearings through grease block on conveyor platform (figure 7.17.3.1).

Lubrication Interval: **Weekly**

- Check **daily** that the sheaves rotate freely and check for any unusual wear.

Refer also to 7.17.14, "Wire Rope, Sheaves and End Connections."

2. Sheave Arm and Support Arm Shaft:

- Lubricate sheave arm pin and support arm shaft bearings through grease block on conveyor platform (figure 7.17.3.1).

Lubrication Interval: **Weekly**

- Check **daily** that the sheave arm and support arm shaft turn through their normal operating range.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



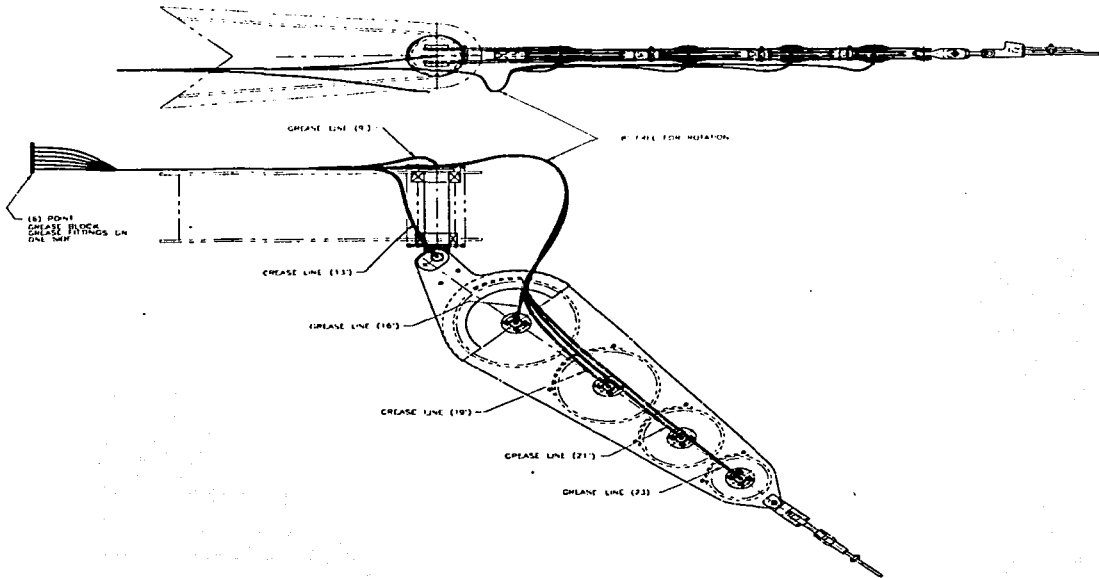


figure 7.17.3.1

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

7.17.4 Tower Crane Conveyors (inner and outer)

1. 75 H.P. Drive Gear Reducer:

Refer to Volume I, Section 10, "75 H.P. Drive Gear Reducer Lubrication, Maintenance and Storage."

2. 75 H.P. Electric Motor:

Check **daily** and clear air vents as required.

3. 75 H.P. Electric Motor Brake:

On a **weekly** basis, check friction disc wear. When rotating friction disc wears down to a thickness of 7/32" (5.5mm), replace disc (refer to Appendix M).

On a **weekly** basis, check magnet gap and adjust as required (refer to Appendix M).

4. Inner Swivel Brake:

On a **monthly** basis, check brake linings and adjust if required. Adjust for a tangential force of 60,000 lbs. (1/4 turn for .021" clearance/side). Refer to Appendix B.

5. Outer Swivel Brake:

On a **monthly** basis, check brake linings and adjust if required. Adjust for a tangential force of 14,000 lbs. (refer to Appendix C).

6. Leveling Device:

Lubricate actuator and retaining pins through grease fittings on components.

Lubricate actuator on a **weekly** basis. Lubricate pins on a **weekly** basis. Refer to figure 7.17.4.1 and to Appendix E, pages 4 and 15 (grease fitting location).

On a **weekly** basis or as required, wipe exposed ball screw grooves with a cloth dampened with a good grade 10W30 oil (refer to Appendix E).

**CAUTION:** Do not allow the ball screw to run dry.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

7. Pulley Shaft Bearings:

Lubricate pulley shaft bearings through grease fittings on pillow blocks (figure 7.17.4.2).

Lubrication Interval: **Weekly**

**After each pour**, check all pulleys for concrete build-up. Clean as required.

8. Belt tensioning Device:

On a **daily** basis, check hydraulic components for leaks, cracks or cuts in hose lines, loose fittings and general cleanliness.

Make sure that the sliding surfaces are especially clean to prevent bind during belt take-up.

**CAUTION:** Operating the belt tensioning device when the sliding surfaces are dirty could cause bending of the hydraulic cylinder.

9. Head Scraper:

**After each pour**, clean and check head scraper. If head scraper blade is worn or chipped, rotate the blade or replace it.

**CAUTION:** While cleaning the scraper, never directly strike the blade with a hammer. The blades are extremely hard and brittle and will shatter at impact.

10. Tail Scraper:

**After each pour**, clean and check condition of tail scraper.

11. Conveyor Belt:

Clean belt thoroughly **after each pour**. Damage to the belt can occur when attempting to remove concrete which has been left on the belt to harden.

**After each pour**, check the belt for wear and for damage to the splice.

Monitor belt tracking continuously and retrain as required.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

12. Roller Assemblies:

**At the beginning of each work shift**, check that idlers are free of concrete build-up and that they rotate freely. Replace frozen idlers; remove any build-up.

Lubricate roller bearings through grease fittings on roller shafts. The "U" roller assemblies have six grease fittings; the bottom roller assemblies have four grease fittings (refer to figures 7.17.4.4).

Lubrication Interval: **Weekly**

13. Electronic Safety Tremie:

**At the beginning of each work shift**, adjust and test the tremie release mechanism. Refer to Section 11, "Electronic Safety Tremie Reducer."

Tremie settings:	Conveyor shut off:	2700 lbs. (1225 Kg)
	Warning horn:	3100 lbs. (1406 Kg)
	Trunk Release:	3500 lbs. (1588 Kg)

14. Conveyor Cleanliness:

Thoroughly clean the entire conveyor system **daily**. Pay special attention to transfers, head scrapers, hoppers, truck hoppers, pulleys, tail and "V" scrapers, discharge boots and elephant trunks.

**NOTE:**

The majority of maintenance problems with this type of equipment arise because of inadequate cleaning procedures. For instance, the accumulation of concrete in hoppers, transfers and trunks will eventually restrict the flow of material and cause plug-ups. Concrete left to harden on pulleys, scrapers, idlers, rubber skirting (transfer skirts) or on the belt can cause scraper breakages and accelerated belt wear. Hardened concrete, having great adhesive strength, is also very difficult to remove. The key then to minimize problems and maximize service life is to routinely and thoroughly clean the equipment after each days pour.

The importance of thoroughly cleaning this equipment cannot be overstressed. Half and hour with a scraper and wire brush is far less costly than that a day of down-time because of damage caused by the accumulation of concrete.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**CAUTION:** When using high pressure spray to clean conveyors, avoid direct spraying on electric motors, gear reducers, control, and indicator panels and power units.

Refer also to Appendix P, "General Cleaning Instructions for Rotec Concrete Placing Equipment."

**15. Conveyor General:**

On a **weekly** basis, check basic conveyor structure for cracks in welds and for other damage. Repair as required.

Check **daily** that all power cords, cables and hydraulic hose lines are in good condition and are not snagging or binding.

**16. Inner Conveyor Swivel Transfer Assembly:**

**After each pour**, check for concrete build-up and clean as required.

**CAUTION:** Check underside of transfer skirts (side of rubber skirting that contacts the belt). Concrete left to harden here will cause accelerated wear to the belt.

**On a daily basis**, check swivel chute for wear through.

**On a weekly basis**, lubricate swivel bearing through (4) grease fittings (figure 7.17.4.5).

**17. Outer Swivel Transfer Assembly:**

**After each pour**, check for concrete build-up and clean as required.

**CAUTION:** Check underside of transfer skirts (side of rubber skirting that contacts the belt). Concrete left to harden here will cause accelerated wear to the belt.

**On a daily basis**, check swivel chute for wear through.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

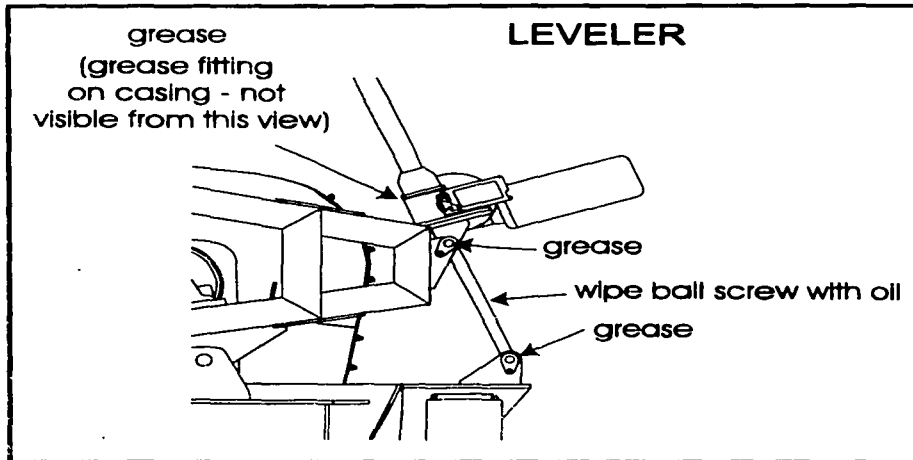


figure 7.17.4.1

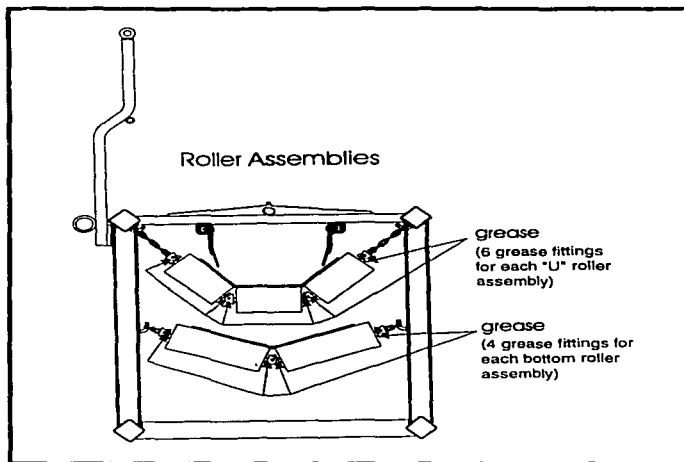


figure 7.17.4.2

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

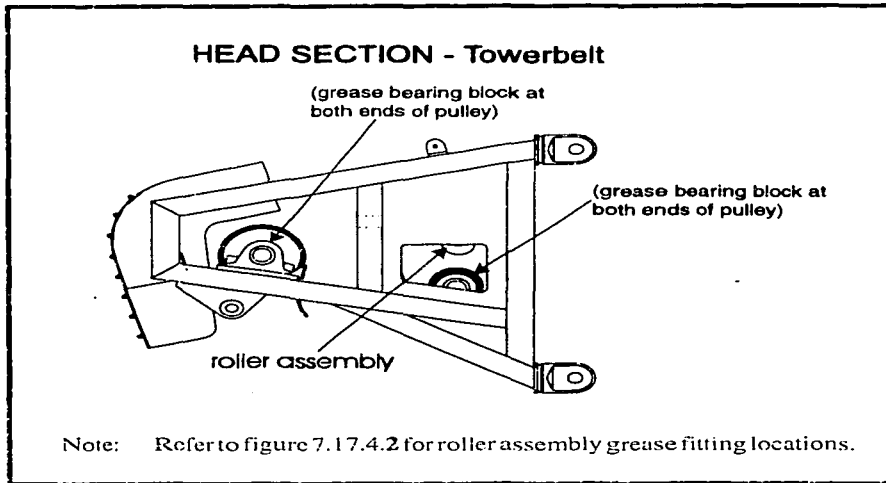


figure 7.17.4.3

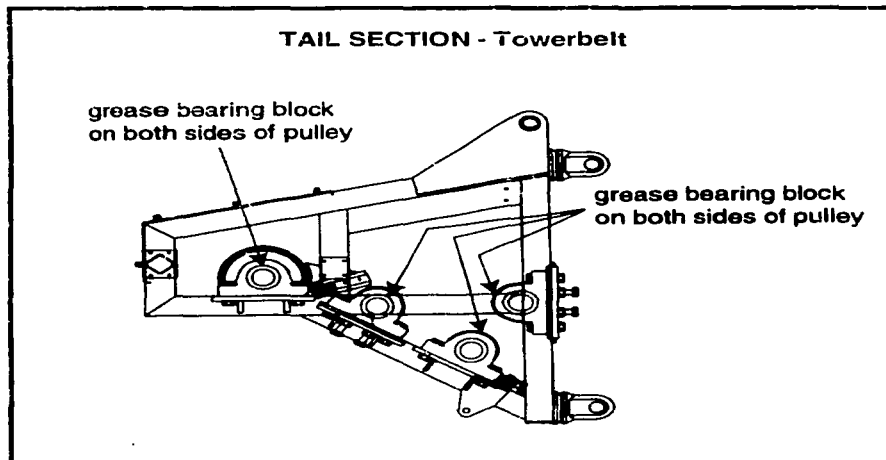


figure 7.17.4.4

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

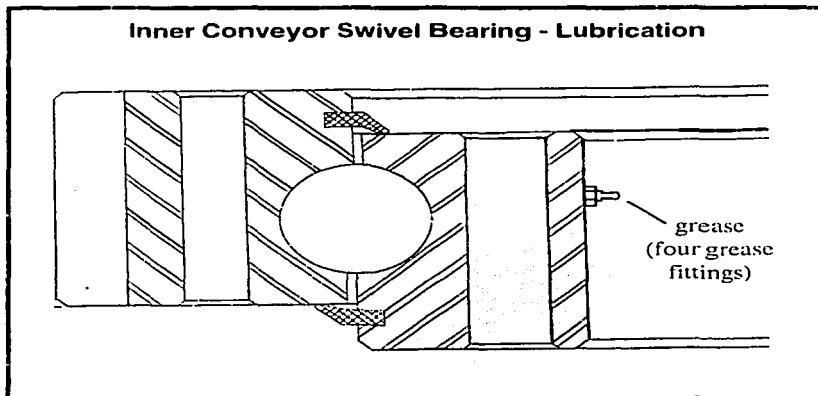


figure 7.17.4.5

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## 7.17.6 Main Hoist and Brake Assembly:

## 1. Brake Adjustment:

Check air gap (between brake pad and disk) weekly for the first one hundred hours of hoist operation, thereafter; check on a monthly basis.

Adjust air gap as required. Refer to Appendix J.

## 2. Brake Pad Wear:

Check brake pad wear weekly for the first one hundred hours of hoist operation; thereafter, check on a monthly basis.

Replace brake pads as required. Refer to *Appendix J., Svendborg Brakes - Installation and Maintenance Manual* and *Appendix N., Svendborg Brakes - Bedding of Brake Pads.*

## 3. Drum Shaft:

Lubricate bearing through grease fitting on hoist frame (figure 7.17.6.1).

Lubrication Interval: **Weekly**

## 4. Hoist Drum:

At the **beginning of each shift**, check that the wire rope is spooling correctly on the drum. Check also for wear, crimping, fraying and other rope damage.

Refer also to 7.17.14, "Wire Rope, Sheaves, and End Connections."

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Grease fitting

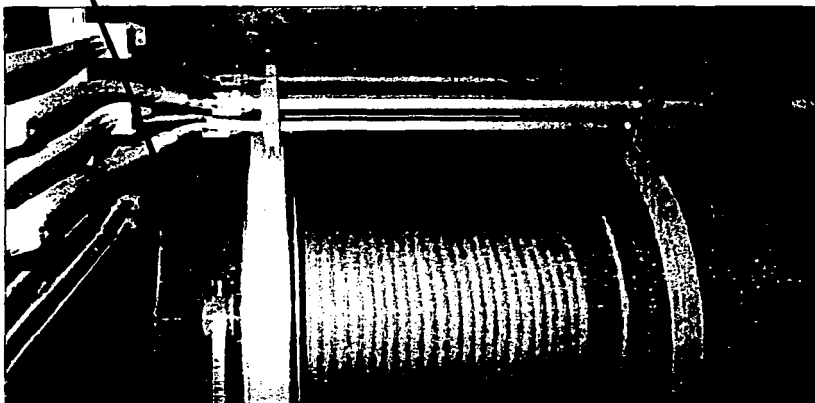


figure 7.17.6.1

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 7.17.7 Slew Drive Assembly - Servicing

## 1. Gear Reducer - Lubrication:

Initial oil change should be effected after **100** working hours. Subsequent oil changes should take place after **2000** hours or at least once a year.

In order to avoid sludge deposits, change the oil while it is still warm after stopping the planetary unit. For an effective oil change, flush the planetary unit through with a detergent type oil before filling with new oil. Clean all plugs before installing.

Refer to Appendix BB. for lubricant type/temperature chart.

Capacity: **19.4** liters

## 2. Gear Reducer Brake - Lubrication:

Oil change interval and oil type is the same as for the gear reducer.

Capacity: **.6** liter

Note that no other periodic servicing of this unit is required.

## 3. Drive Pinion - Lubrication:

It is recommended that the swing drive pinion teeth and turntable gear teeth be lubricated with a small amount of open gear lubricant on a **weekly** basis **or sooner** as required. The lubricant is purged from the teeth by the very nature of this gear drive being exposed to the elements; therefore, close attention to gear lubrication will provide a longer tooth life.

Apply lubricant to both sides of the pinion where the pinion and turntable gear teeth mesh.

## 4. Drive Pinion Backlash:

The swing drive pinion is eccentrically offset 2mm from the center line of the swing drive locating pilots for a total adjustment range of 4mm between the drive pinion center and the turntable gear center. Adjust drive pinion backlash by removing the gear reducer mounting bolts and rotating the gear reducer until a backside clearance of **.025"-.040"** can be measured between the pinion and turntable gear teeth when the pressure side is in contact. Adjust all drive pinions. Torque mounting bolts upon reassembly.

On a **weekly** basis, check pinion and turntable gear for wear. If excessive wear (such as cutting or gouging) is noted, readjust drive pinion clearance.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

5. Swing Gear Reducer Bearing Lubrication:

**On a weekly basis**, lubricate bearing through grease fitting shown in figure 7.17.7.1.

Note: Lubricate lightly. With a hand grease gun apply one stroke maximum.

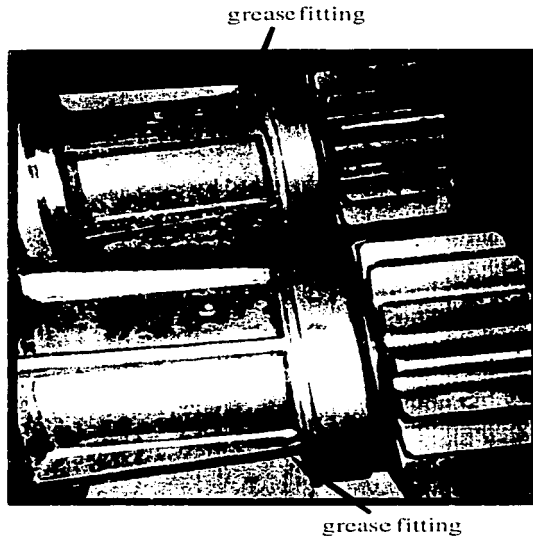


figure 7.17.7.1

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**7.17.8 Trolley Drives and Brake Assemblies - Main and Auxiliary****1. Trolley Traction Drive Sheave Block Bearings - Lubrication:**

Lubricate bearings through grease fittings located at both ends of the sheave assemblies (figure 7.17.8.1).

Lubrication Interval: **Weekly**

**2. Traction Drive Gear Reducer - Lubrication (figure 7.17.8.2)**

Capacity: 4.0 pints

**NOTE: Manufacturer's Recommendations:**

This gear reducer is supplied with see through plugs to check oil level, oil breather and magnetic plug.

When mounted vertically, special fittings are supplied to insure proper amount of oil is maintained in the unit.

**Oil Type:**

Use any good petroleum based gear fluid. However, it must be the EP type with a minimum viscosity of 90. For ambient temperature of 15 degrees F to 50 degrees F the following are suggested.

**Exxon Spartan EP100  
Mobilegear 627**

**Shell Omala 100  
Texaco Meropa 100**

**From 50 degrees to 100 degrees F**

**Exxon Spartan EP150  
Mobilegear 629**

**Shell Omala 150**

**From 100 degrees to 150 degrees F**

**Exxon Spartan 320  
Mobile gear 632  
Shell Omala 320**

**Texaco Meropa 320  
or any similar  
lubricant**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Oil Changes are recommended **after first 50-100 hours**. After every **2000 hours or 12 months** thereafter.

These time schedules can be modified depending on the type of application, and ambient temperature. If unit works very hot, oil changes should be more frequent.

Before refilling unit, the same should be flushed with recommended fluids. Periodic checks should be taken to ensure proper amount of lubrication between oil changes.

3. **Trolley Traction Drive Brake - Maintenance**

**Main** - At the **beginning of each work shift**, check trolley braking action and adjust the brake as required (refer to Appendix R).

**Auxiliary** - **Before each pick**, check trolley braking action and adjust the brake as required (refer to Appendix R).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Grease Fittings

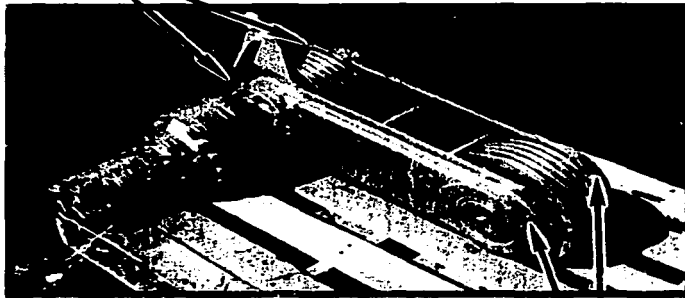


figure 7.17.8.1

Grease Fittings

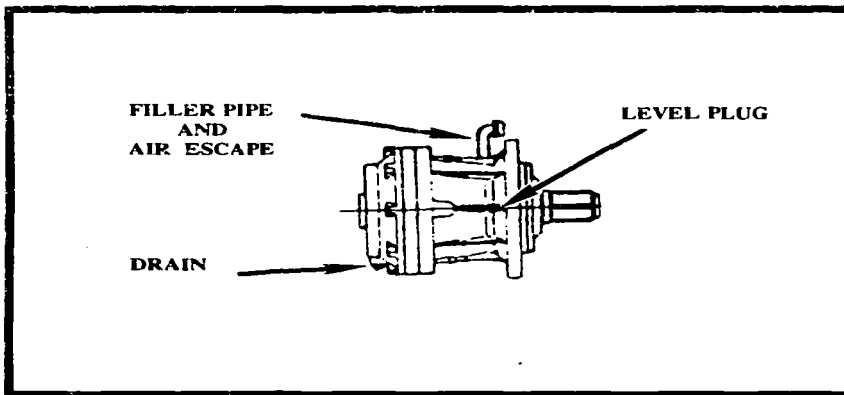


figure 7.17.8.2

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**7.17.9 Trolley Assemblies****1. Trolley - Main:**

- a. **Sheave Bearings, Rocker Arm Wheel Shafts and Rocker Arm Shafts:**

Lubricate bearings and shafts through grease fittings on components (refer to figure 7.17.9.2).

**Lubrication Interval: Weekly**

- b. **Trolley Emergency Brake:**

**Trolley Emergency Brake:**

On a **daily** basis, check that the emergency brake is properly assembled and ready for emergency use as required. (If the traction drive wire rope or end connections should fail, the emergency brake will "drop" into position and stop the trolley.)

- c. **Structure:**

At the **beginning of each work shift**, check structure for cracked welds, bent members and binding or damaged sheaves. Rocker arm wheels should turn freely and check for unusual wheel wear which could indicate tracking problems.

Refer also to 7.17.14., "Wire Rope, Sheaves and End Connections".

Make sure all wheel, rocker arm and sheave shafts are properly assembled, secured and undamaged.

**2. Trolley - Auxiliary**

- a. **Sheave Pins and Rocker Arm Wheel Shaft Bearings:**

Lubricate bearings and shafts through grease fittings on components (refer to figure 7.17.9.1).

**Lubrication Interval: Weekly**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## b. Structure:

**Before each pick**, check structure for cracked welds, bent members and binding or damaged sheaves. Rocker arm wheels should turn freely and check for unusual wheel wear which could indicate tracking problems.

Refer also to 7.17.14., "Wire Rope, Sheaves and End Connections".

Make sure all wheel, rocker arm and sheave shafts are properly assembled, secured and undamaged.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

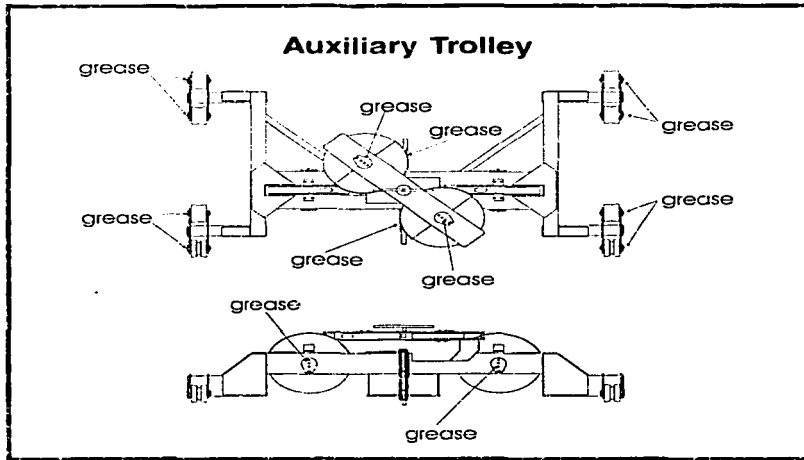


figure 7.17.9.1

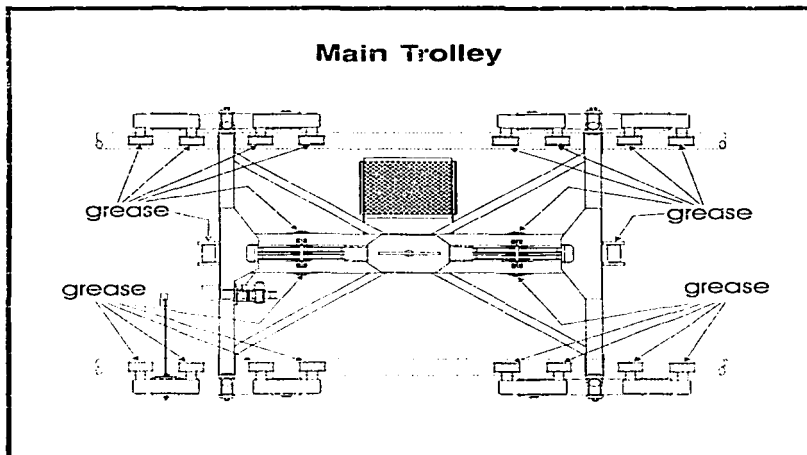


figure 7.17.9.2

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 7.17.10 Hoist Group Assemblies

1. 10," 14," 34" and 37" O.D. Sheaves:

Lubricate sheave bearings through grease fittings on sheave pins (figure 7.17.10.1).

Lubrication Interval: **Weekly**

At the **beginning of each shift**, visually check that sheaves rotate freely, are properly secured and pins locked. Check for unusual or accelerated wear.

On a **weekly** basis, thoroughly inspect all sheaves.

Refer also to 7.17.14, "Wire Rope, Sheaves and End Connections."

2. Trolley Assemblies - Main and Aux:

Refer to 7.17.9, "Trolley Assemblies."

3. Hook Blocks (Bicycle Blocks) - Main and Aux:

Refer to 7.17.12, "Hook Block (Bicycle Block) Assemblies - Main and Auxiliary."

4. Trolley Traction Drive Assemblies - Main and Aux:

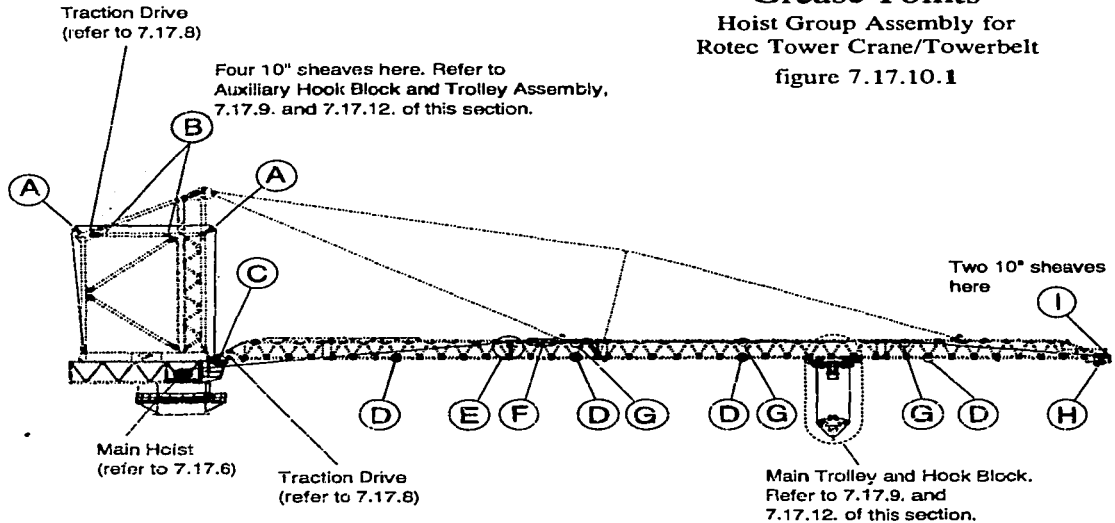
Refer to 7.17.8, "Trolley Drives and Brake Assemblies - Main and Auxiliary."

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Grease Points**

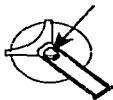
**Hoist Group Assembly for  
Rotec Tower Crane/Towerbelt**

figure 7.17.10.1



**Sheave Identification**

Grease here. Typical grease fitting location for all sheaves.



A.



B.



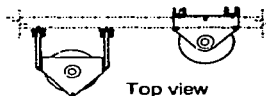
C.



D.

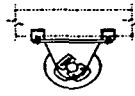


E.



Top view

F.



G.



H.



I.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## 7.17.11 Bridle Assembly (inner)

## 1. Sheaves:

Lubricate sheave bearings through grease fittings (figure 7.17.11.1).

Lubrication Interval: **Weekly**

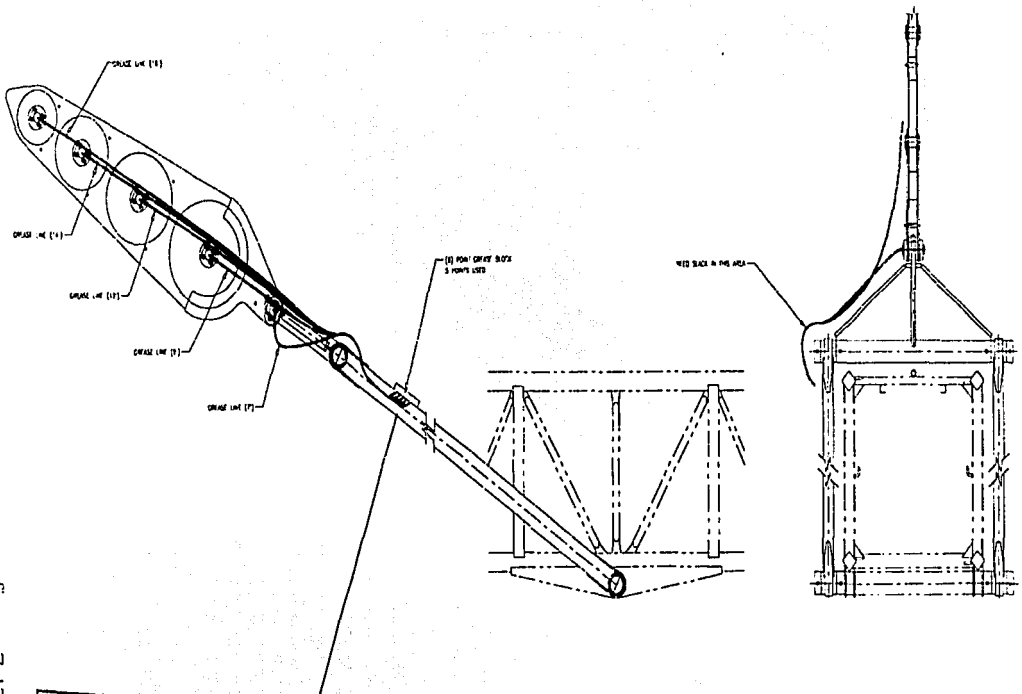
Check sheaves for unusual or accelerated wear. Check that the sheaves are undamaged and rotate freely. Refer also to 7.17.14, "Wire Rope, Sheaves and End Connections."

## 2. Bridle Assembly Cross Shafts:

Lubricate shafts through grease fittings on uprights (figure 7.17.11.1).

Lubrication Interval: **Weekly**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Grease sheaves and pin through  
grease block.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Figure 7.17.11.1

## 7.17.12 Hook Block (Bicycle Block) Assemblies - Main and Auxiliary

## 1. Sheaves:

Lubricate hook block sheave bearings through grease fittings on sheave pins (figures 7.17.12.1 and 7.17.12.2).

Lubrication interval: **Weekly**

At the **beginning of each work shift**, check that sheaves rotate freely, are properly assembled and sheave pins locked. Check also for unusual wear patterns or wear rates. Check for damage.

Refer also to 7.17.14, "Wire Rope, Sheaves and End Connections."

Check sheave pin retaining nuts. On a regular basis, look for any sign of backing off due to high vibration or other causes. When required, tighten the center pin retaining nut(s) until all side play has been eliminated from the sheaves (tapered roller bearings) and re-set the lock type set screws.

## 2. Hook:

Lubricate hook pivot through grease fitting on hook stem (figures 7.17.12.1 and 7.17.12.2).

Lubrication interval: **Weekly**

Check **weekly** for cracks and other defects.

## Note:

Test hooks **at least once a year** by magnafixing, x-ray, or other qualified method. Intermittent test can be conducted, however, by the readily available, though less accurate, oil stain method. (Immerse hook in lube oil; wipe dry; whitewash surface; inspect for signs of fracture seepage.)

At initial installation, mark (dimple) hook tip and hook body and measure the hook mouth opening (figure 7.17.12.3). Then, as required, when the crane is under heavy service, or at least semi-annually, check hook mouth for any appreciable change in hook mouth width. Replace

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

hook if hook mouth has enlarged .5% or .010 inch (use the larger dimension) more than the initial measurement.

Replace a hook with a bend or twist exceeding 10 degrees from the plane of the unbent hook.

At initial installation, measure the sectional dimensions of the hook. Replace the hook when wear exceeds 10% of the original dimensions.

3. **Hook Safety Lock:**

At the **beginning of each work shift**, check safety lock for damage and proper functioning.

4. **Swivels:**

At the **beginning of each work shift**, check that hook rotates and pivots freely.

On a **monthly** basis, check swivels for wear. Remove hook assembly from service when end play or gap develops which is more than 1/16" along the axis.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



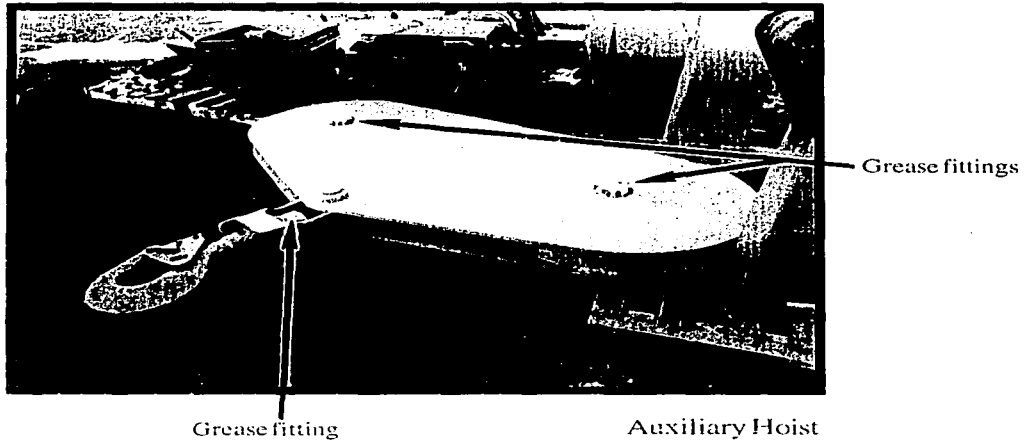


figure 7.17.12.1

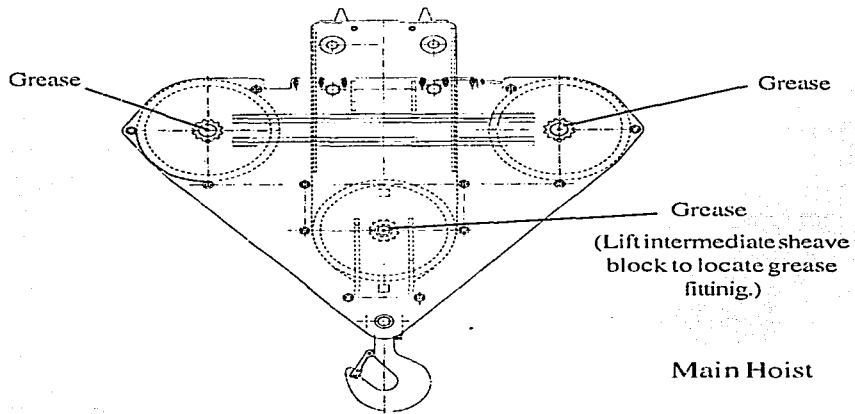


figure 7.17.12.2

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

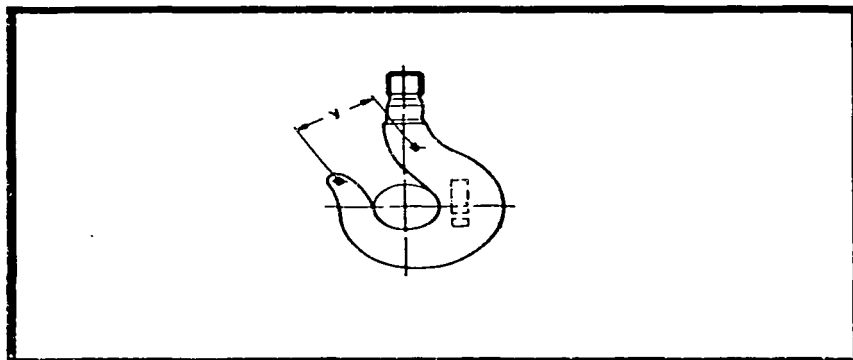


figure 7.17.12.3

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

7.17.13 Wire Rope, Sheaves and End Connections

1. Inspection of Line Rope:

At the **beginning of each work shift**, visually check all rope assemblies and end connections. Perform a thorough inspection on a monthly basis. Inspect each rope assembly along its full length and consider the following factors when evaluating the safe operating condition of the rope:

- Type and number of wire breakages
- Wire breakage at the fastening point
- Local number of wire breakages
- The extent of increase in wire breakage
- Strand breakage
- Reduced diameter due to damaged core
- Reduced elasticity
- Outer and inner abrasion
- Outer and inner corrosion
- Deformation
- Damages from heat or electric short-circuit

2. Replacement of Wire Rope:

These individual factors should always be considered with reference to the respective rules for removal of the rope from service (refer to Appendix K., paragraph K.5.2., "Wear and other Damage").

3. Lubrication of Wire Rope - Hoisting Ropes

On a **semi-annual** basis, lubricate all running-rope with an acid-free oil, which is of low viscosity, so that it penetrates between the wires. If the crane is used under hard conditions the lubricating intervals must be shortened.

Correct lubrication of the rope reduces the inner as well as the outer wear.

Recommended oil for wire rope lubrication:

<b>BP</b>	<b>MOBILE</b>
BP Energol WRL	Mobiltac D
BP Energol GR3000-2	Mobiltac E

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

4. Lubrication of Wire Rope - Traction Drive Rope:

On a **monthly basis**, lubricate traction drive rope with an oil which is of a viscosity appropriate for good penetration and which has a high traction coefficient.

**IMPORTANT** - Do not use a general purpose lubricant on the telescope drive rope.

Recommended oil for traction drive rope lubrication:

Nylube Cable Core 65  
Flash Point 350 Degrees F  
Traction Coefficient .65

5. Cleaning of Wire Rope:

Every **two years**, clean the wire ropes with an oil of low viscosity, steel brushes and compressed air. Do not use petrol (gasoline), trichlorethylene or similar solvents. A rope cleaned with such solvents will regain neither the correct internal lubrication nor the right rust protection.

**Lubricate rope after cleaning.**

6. Inspection of Sheaves:

On a **weekly basis**, thoroughly inspect all sheaves regarding wear and damage. Ensure that the sheaves rotate freely and that their pins are undamaged and locked.

7. Replacement of Sheaves:

Sheaves with damaged flanges or heavily worn grooves are to be removed!

Sheaves with defects given below damage the rope and should be removed. They should also be removed if their condition indicates that any of these defects may soon arise:

- A groove diameter greater than 1.15 times the rope diameter.
- A groove diameter smaller than 1.05 times the rope diameter.

Refer also to Appendix K., paragraph K.6.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 8. Lubrication of Sheaves:

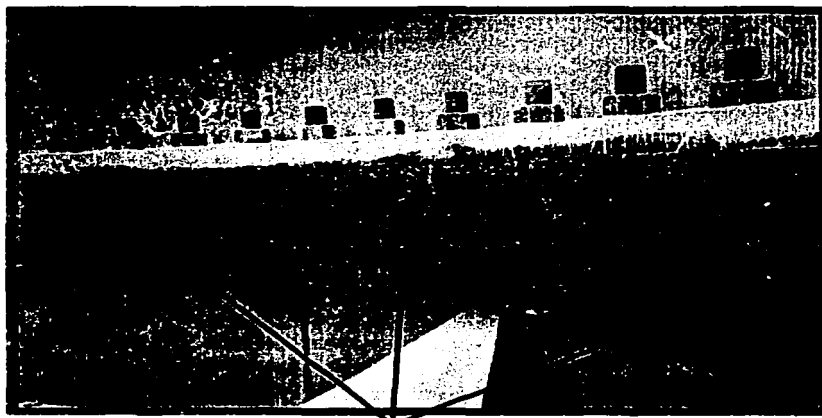
On a **weekly** basis, lubricate all sheaves through grease fittings. Use a good quality multi-purpose grease such as recommended in 7.16, "Lubrication - General".

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### 7.17.14 Turntable Bearing Lubrication

Using a good quality EP (extreme pressure) general purpose grease, lubricate the turntable bearing through (40) grease fittings located at the juncture of the towercrane pedestal and deck. The area is accessible from the upper service platform in the upper most mast section.

Lubrication interval: **Weekly**



Turntable grease fittings (typical)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 7.17.15 Tower Joint and Turntable Bearing Bolt Preload

Check the preload on the tower joint and turntable bearing bolts using the following schedule:

- Preload should be checked **after the first thirty (30) days** of service.
- Thereafter, preload should be checked **every six (6) months**.

Using the **ROTEC Dual Ram Bolt Tensioner** (Rotec two cylinder design - drawing TC-32694), check preloads as follows :

- **Tower joint bolts** ( $1\frac{3}{4}$ " x 13", grade 8) - Apply 8000 psi for a 200,000 lb. tensile bolt preload. At this preload, the nut should remain tight. If the nut is loose, turn the nut down using a standard open-end wrench until the nut is just in firm contact with the bolting flange. **Do not use a cheater bar or apply excessive force to tighten the nut. Never use any type of wrench or torque wrench to preload the tower bolts.** Refer to drawing TC-50834 for bolt tensioning sequence.

Using the **HYDRATIGHT Bolt Tensioner** (single cylinder design), check preloads as follows:

- **Turntable bearing bolts** ( $1\frac{1}{2}$ " x 16", grade 8) - Using tensioner, apply 20,000 psi to obtain the proper preload. At this preload, the nut should remain tight. If the nut is loose, turn the nut down using the collar and punch provided until the nut is just in firm contact with the bolting flange. **Do not use a cheater bar or apply excessive force to tighten the nut. Never use any type of wrench or torque wrench to preload the tower bolts.** Refer to drawing TC-50834 for bolt tensioning sequence.
- **Tower joint bolts** ( $1\frac{3}{4}$ " x 13", grade 8) - Using tensioner, apply 20,000 psi to obtain the proper preload. At this preload, the nut should remain tight. If the nut is loose, turn the nut down using the collar and punch provided until the nut is just in firm contact with the bolting flange. **Do not use a cheater bar or apply excessive force to tighten the nut. Never use any type of wrench or torque wrench to preload the tower bolts.** Refer to drawing TC-50834 for bolt tensioning sequence.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

7.17.17 Line Conveyor Power Units

Drive Motors:

Lubricate motor shaft through grease fittings located at each end of the motor shaft.

Lubrication Interval:           6 months

Refer to Appendix HH. for additional service information.

Gear Reducers:

Gear reducers are often shipped without oil. Fill units as specified in Appendix X. before operating. Follow the manufacturer's oil change requirements and use one of the recommended oils listed in the appendix.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**7.17.18 Line Conveyor - Belt Tensioning and Training****I. Conveyor Belt Tensioning**

**Note:** Use the directional control valve on the towerbelt lower platform power unit to activate the control valve located at the belt take-up assembly. Use this control valve to extend and retract the belt take-up cylinder when tensioning the belt. Refer to Section 9 (drawing TB-50832) regarding hydraulic component and hose connections required to complete this circuit.

- a. Control valve relief pressure adjustment and hose connections:
  - aa. Adjust relief pressure on belt take-up control valve per hydraulic schematic TB-50832.
  - bb. Connect hydraulic hose lines between the power unit and the control valve. Connect hose lines between the control valve and the cylinder. Refer to schematic in Section 9.
- b. Belt tensioning (refer also to drawing TB-50801).
  - aa. If the hydraulic cylinder rod is retracted with less than six inches of stroke remaining, remove take-up pins from the cylinder frame and take-up rails and extend the cylinder rod.

**Note:** Extending the cylinder rod under these conditions will push the cylinder frame further along the take-up rails away from the conveyor tail end section.

**CAUTION:** Before operating the hydraulic cylinder, check that sliding pathways are clean and that hose connections will not pinch or pull apart.

- bb. Repin the cylinder frame to the take-up rails.
- cc. Begin tensioning the belt by retracting the cylinder rod just enough to remove the carriage side frame pins.
- dd. Continue tensioning the belt by retracting the cylinder rod until the preset relief pressure is reached.
- ee. Repin the carriage side frame to the take-up rails.

**Note:** Upon initial belt installation, it may be necessary to reposition the

cylinder frame several times to take up excess belt slack. Repeat the above steps as required.

**Note:** At initial installation, to encourage belt training at the take-up pulley, be sure that the take-up pins are inserted into the same corresponding set of holes in the take-up rails.

ff. Extend the take-up cylinder rod slightly to transfer the belt tensioning load from the cylinder to the carriage side frame.

## 2. Conveyor Initial Start-up and Belt Training

### a. Start-up

**CAUTION:** The drive gear reducers are supplied without oil and must be filled to the correct level before running. Refer to Appendix X regarding lubrication of this gear reducer. If the gear reducer has been stored (or unused) for six months or longer, drain and refill with new lubricant.

**CAUTION:** Make sure that the supports holding the conveyors are sufficiently strong to sustain the weight of the conveyors when they undergo a test start-up.

Stay clear of the conveyors at start-up and while they are operating.

**CAUTION:** Make sure scrapers are properly adjusted before conveyor start-up.

aa. Connect motor cords to the motor outlets on the lower platform control panel. Refer to Part Book, Section 7. "Electrical System Diagrams."

**WARNING:** **Make sure that power is off (main breaker on the control panel is in the "off" position) before connecting or disconnecting any electrical cords. Making connections with electrical cords when power is "on" is extremely dangerous and could cause death or injury to personnel.**

bb. Turn on main power at the control panel.

cc. Use the jog buttons on the control panel to individually start the conveyors.

**CAUTION:** Initial start-up of each conveyor should be made with extreme care. Jog the belt a few feet to check that the belt runs in the right direction (upper belt traveling toward the conveyor discharge end). If the conveyor belt runs in the wrong direction, a phase change will be required at the control panel to reverse the direction of the drive motor. Then run the belt again for approximately 100' to check pulley/belt alignment. Stop the belt and check for belt run off at the pulleys and along the U-roller assemblies. Watch carefully for any belt tracking problems. It is possible to damage or ruin a belt by allowing it to run off track. If the belt runs to one side, train the belt by adjusting the appropriate roller or pulley assemblies and retest.

Refer to "Belt Training" below.

b. **Belt Training**

To adjust the belt, proceed as follows:

aa. Stop the conveyor and insure that it cannot be restarted until after the adjustments have been made (turn off main breaker and remove power from its source).

**WARNING:** **Power must be off while servicing the belt. Never run the belt while making belt training adjustments. To do so is extremely dangerous and could cause death or injury to personnel.**

bb. If the belt runs off at the drive, idler or snub pulleys, proceed as follows (figures 7.17.18.1, 7.17.18.2 and drawing TB-50803, items 33, 16, 15 and 32):

- Stop the conveyor (turn off main breaker) and insure that it cannot be restarted until after the adjustment has been made.
- At the same end of the pulley where the belt has drifted, loosen slightly the fasteners holding the pulley pillow block to the conveyor frame.

**Note:** Make sure that the adjusting bolt is in contact with the pulley pillow block housing before loosening the fasteners.

- Loosen the jam nut on the adjusting bolt.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

- Turn the adjusting bolt against the pillow block to move the pulley at that end. This will encourage the belt to drift toward the other end of the pulley.
- Retighten the pillow block fasteners.
- Retighten the jam nut.
- Carefully start the conveyor and observe the effect of the adjustment.

*Adjusting bolt  
and jam nut*



figure 7.17.18.1

**Note:**

To reposition the pulley shown in figure 7.17.18.3, loosen the pulley pillow block mounting bolts and push against the pulley mounting plate through the weldment I-beam using the adjusting bolts provided. Then place shims between the I-beam and mounting plate as required. After installing the shims, loosen the adjusting bolts putting the load on the shims and retighten the mounting bolts. Refer also to drawing PB-50803, items 15, 20, 21 and 22.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

*Adjusting bolt  
and jam nut*

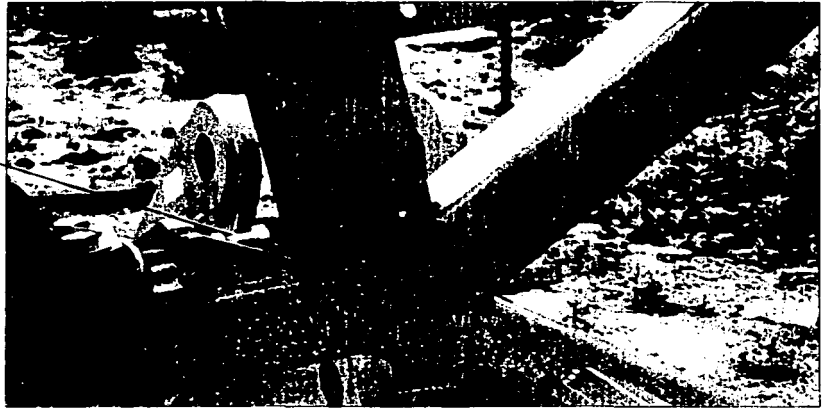


figure 7.17.18.2

*Use bolts to adjust position  
of pillow block,  
then shim  
pillow block to  
maintain its  
position.  
Refer also to  
drawing  
Pb-50803.*

*Pulley*

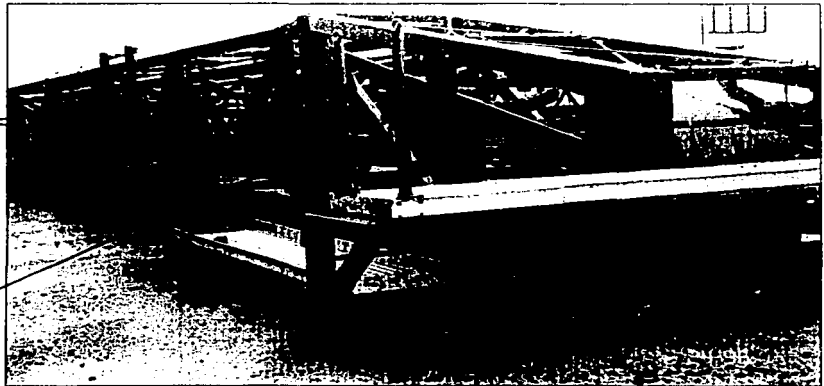


figure 7.17.18.3

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- cc. If the conveyor belt runs to one side of the take-up pulley, the take-up pulley can be adjusted to center the belt. Proceed as follows:
- Stop the conveyor (turn off main breaker) and insure that it cannot be restarted until after the adjustment has been made.
  - On the side that the belt has drifted, loosen the jam nut and turn the adjusting bolt against the pulley shaft. Refer to figure 7.17.18.4 and drawing TB-50801.
  - Retighten the jam nut.
  - Carefully restart the conveyor and observe effect of the adjustment.
  - If further adjustment is required, repeat the above steps until the belt is centered on the conveyor.

Adjusting  
bolt and  
jam nut



figure 7.17.18.4

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- dd. If the belt runs true at the pulleys but runs off toward the center of the conveyor, proceed as follows to train the belt (figures 7.17.18.5 and 7.17.18.6).
- Stop the conveyor (turn off main breaker) and insure that it cannot be restarted until after the adjustment has been made.
  - Locate idler assemblies near area of run-off. Adjust several rollers at this area to "steer" the belt back to center.
  - Depending on which way the belt is running off, move the same end of the idler assembly, along the conveyor rail, in the same direction of belt travel.
  - Carefully restart conveyor and observe effect of the adjustment.
  - Repeat as required.

**CAUTION:** Because a loaded belt often tracks differently than an unloaded belt, initial start-up must be made with extreme care. Jog the belt for short distances only while watching for tracking problems. If tracking problems occur, stop the belt immediately and make adjustments as outlined above. Note that at initials start-up, a loaded belt normally requires additional training.



*Roller position can be adjusted along the I-beam support to affect belt training.*

figure 7.17.18.5

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

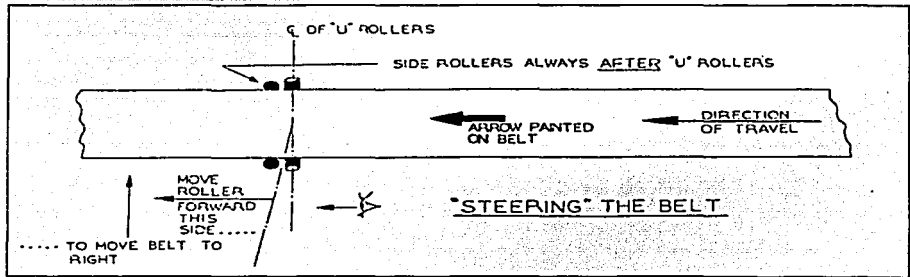


figure 7.17.18.6

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN