



PROCEDIMIENTO PARA EXTRACCIÓN DE SEGMENTOS GUÍA DE CHUMACERA COMBINADA

REPORTE TÉCNICO DE RESIDENCIA PROFESIONAL



José Carlos Espinosa Díaz

Comisión Federal de
Electricidad
C. H. Belisario Domínguez
Agosto - Diciembre 2013
Ingeniería Mecánica
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

**INSTITUTO
TECNOLÓGICO DE
TUXTLA GUTIÉRREZ**

Contenido

INTRODUCCIÓN	2
Capítulo 1	3
GENERALIDADES	3
1.1 Justificación	4
1.2 Caracterización de área de trabajo	4
1.3 Objetivos.....	9
1.4 Problemas a resolver	9
1.5 Alcances y limitaciones	10
Capítulo 2	11
FUNDAMENTO	11
TEÓRICO.....	11
2.1 Casa de máquinas	12
2.2 Turbinas.....	13
2.3 Características de las turbinas en la C.H. “La Angostura”	18
2.4 Elementos que integran una turbina hidráulica	19
Capítulo 3	25
PROCEDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DE SEGMENTOS GUÍA.....	25
3.1 Extracción del aceite lubricador	26
3.2 Extracción de los sensores	27
3.3 Desmontaje de tuberías	28
3.4 Desmontaje de la bomba principal	29
3.5 Desmontaje de la carcasa de la flecha.....	30
3.6 Colocación de la plataforma de maniobra	32
3.7 Extracción de los segmentos guía	32
Conclusión	34
Fuentes de información.....	35
Anexos	36

INTRODUCCIÓN

Una central hidroeléctrica, es una instalación donde se transforma la energía potencial (asociada a la altura) y cinética (asociada al movimiento) del agua, en energía eléctrica.

El agua cae desde la presa hasta la turbina que se encuentra en su base. Al recibir la fuerza del agua el rodete comienza a girar. El rodete está conectado a una flecha, que a su vez está conectado a un generador, que al girar, producen electricidad. La electricidad viaja desde los generadores hasta unos transformadores, donde se eleva la tensión para poder transportar la electricidad hasta los centros de consumo.

La central hidroeléctrica Belisario Domínguez “La Angostura” cuenta con cinco turbinas tipo Francis vertical, que son las principales y se tiene una auxiliar tipo Francis horizontal que es más pequeña.

En las unidades principales se cuenta con 3 chumaceras. Tenemos la chumacera guía inferior, la chumacera guía generador y la chumacera combinada, esta última contiene a su vez dos chumaceras, la guía superior y la de carga.

La chumacera guía superior es la de interés, a la que se le realizará el procedimiento para su extracción. Se explicará el procedimiento a seguir para la extracción de los segmentos de chumacera por, si en algún momento esta requiere de ello, ya sea por mantenimiento, daño en los segmentos o sea necesario cambiarlos.





Capítulo 1

GENERALIDADES



1.1 Justificación

Desde que la Central Hidroeléctrica entró en operación con sus unidades disponibles en la década de los 70's, no se han cambiado los segmentos de las chumaceras guía y de carga de las unidades generadoras, esto llama la atención ya que en algún momento, debido al uso constante y que no se ha dado un mantenimiento pueda tener daños y ocasionar un fallo repentino. Estos segmentos son de vital importancia ya que en ellos residen las fuerzas que se generan por la unidad al entrar en funcionamiento. En caso de que los segmentos estén dañados, las fuerzas no serían contrarrestadas provocando una vibración en la unidad, si son demasiadas estas fuerzas podría entrar en resonancia y afectar todos los elementos que componen a la unidad, en dado caso podría llegar a destruirlos y dejar la unidad sin funcionamiento alguno.

Se analizará los segmentos de la chumacera guía superior, ya que se encuentra dentro de lo que es la chumacera combinada es de difícil acceso y la idea es poder maniobrar en esta, afectando lo menos posible en otros componentes de la unidad.

Se analizará si es posible extraer los segmentos guía sin que otros componentes sean afectados o que se puedan extraer afectando lo menos posible a dichos componentes.

1.2 Caracterización de área de trabajo

La Comisión Federal de Electricidad es una empresa del gobierno mexicano que genera, transmite, distribuye y comercializa energía eléctrica para más de 35.6 millones de clientes al mes de marzo, lo que representa a más de 100 millones de habitantes e incorpora anualmente más de un millón de clientes nuevos.

En la CFE se produce la energía eléctrica utilizando diferentes tecnologías y diferentes fuentes de energético primario. Tiene centrales termoeléctricas, hidroeléctricas, carboeléctricas, geotermoeléctricas, eoloeléctricas y una nucleoelectrica.

La C. H. Belisario Domínguez, ubicada en el contexto de la Gerencia Regional de Producción Sureste y asignada a la Subgerencia Regional de Generación Hidroeléctrica Grijalva, es una de las cuatro grandes centrales que aprovechan el caudal hidráulico del río Grijalva. En virtud de su gran capacidad de embalse, además de ser la primera en la



cascada de la cuenca del Grijalva, esta central resulta estratégica para el control de los embalses del resto de las centrales que se encuentran río abajo y mediante un buen programa de control de los niveles del vaso, se asegura la generación del sistema Grijalva.

La casa de máquinas se encuentra de manera subterránea, tiene 5 unidades de 180 MW/h

Número de Unidad	Entrada en Operación	Unidades	
Unidad 1	04 de Julio de 1976	Número de Unidades	5
Unidad 2	27 de Mayo de 1976	Capacidad por unidad	180 MW/h
Unidad 3	22 de Noviembre de 1975	Capacidad instalada por placa	900 MW/h
Unidad 4	15 de Marzo de 1978	Capacidad efectiva	900 MW/h
Unidad 5	15 de Junio de 1978	cada una.	

Tabla 1.2.1 Capacidad de las unidades y fecha de entrada a operación

1.2.1 Ubicación

La central se localiza al Sureste de la República Mexicana. Partiendo de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, capital del estado de Chiapas, sobre la carretera que va al poblado denominado Venustiano Carranza, se recorren 52 kilómetros antes de llegar a la central. Se utilizan las aguas del río Grijalva para generar energía eléctrica. La cuenca de ese río se inicia en la vecina República de Guatemala y se interioriza a nuestro país en la región denominada “Alto Grijalva” en el estado de Chiapas, desciende posteriormente hacia la planicie de Tabasco, ahora con el nombre de “Bajo Grijalva”, hasta la zona de Chontalpa, donde desemboca en el Golfo de México



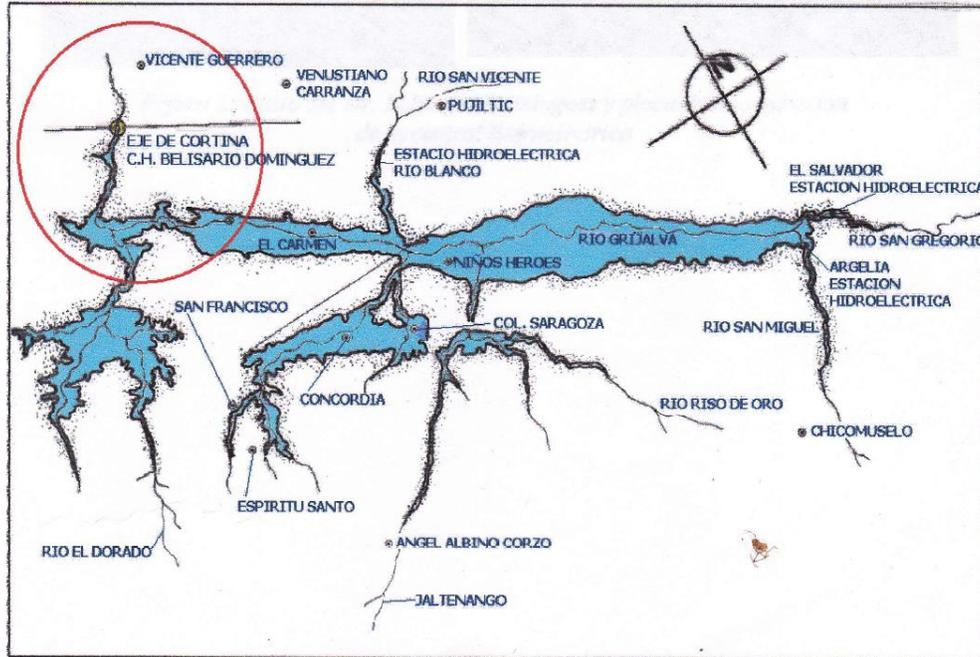


Figura 1.2.1 Mapa de localización de la Central Hidroeléctrica Belisario Domínguez

1.2.2 Datos históricos.

El 15 de diciembre de 1968, durante una mesa redonda con las autoridades y sectores populares de Chiapas, el director de la C.F.E.. declaró:

“El señor presidente Días Ordaz autoriza a la C.F.E.. llevar adelante los trabajos de este extraordinario proyecto que es la construcción de la central hidroeléctrica de la angostura, pensando que es una forma de vigorizar el desarrollo de Chiapas.

El aprovechamiento de las aguas del Río Grijalva para generar más electricidad, no está concebido como un proyecto aislado. Está concebido por etapas, de tal manera que cada una de ellas pueda ir cubriendo una necesidad de abastecimiento de energía en el mercado regional y nacional y de modo que cada una de las obras que se realicen permitan el máximo aprovechamiento de todas las obras sucesivas, hasta completar el desarrollo integral del río.

La obra de la angostura es una parte de este programa. Después estaremos en condiciones de construir Chicoasén, Peñitas y completar el desarrollo de Malpaso en los próximos doce años de trabajo continuo”.

Desde 1950 la Secretaría de Recurso Hidráulicos y la Comisión federal de Electricidad iniciaron los estudios del sistema hidrológico Grijalva – Usumacinta, que aporta el 30% de los recursos hidráulicos del país y en particular, se avocaron al estudio de la cuenca del río Grijalva.

En 1964 se terminó de construir la presa Netzhualcoyotl, de usos múltiples, en el bajo Grijalva, que alimenta el aprovechamiento hidroeléctrico más grande del país (Malpaso, con 1,080 MW) y controla las avenidas.

La construcción de la presa Netzhualcoyotl, inicio la realización de la primera etapa del desarrollo Grijalva. La segunda etapa fue el aprovechamiento hidroeléctrico de la angostura. Para la tercera etapa se terminó el aprovechamiento de Chicoasén y finalmente al de Peñitas.

Para la realización del plan integral del Grijalva, fue necesario construir el aprovechamiento de la angostura, que reúne un conjunto de características que lo sitúan como elemento básico para el desarrollo del río Grijalva y que se puede emplear ventajosamente en la generación de energía, dado que dentro del territorio mexicano es el primer aprovechamiento que cuenta con un vaso de almacenamiento que regularizara el escurrimiento de 9, 700 millones de m³ anuales.

1.2.3 Hidrología.

La cuenca que alimenta el embalse de la angostura está limitado por una serie de contrafuertes que la separan de la cuenca del Usumacinta, formada por las sierras de independencia y San Cristóbal; entre estos contrafuertes y la Sierra Madre del Sur está alojado el antiplano Chiapaneco.

En la región son frecuentes los ciclones tropicales que descargan intensas lluvias generadoras de avenidas extraordinarias en los ríos Grijalva y Usumacinta, las cuales afectan principalmente a la zona costera.

Un resumen de los datos hidrológicos y meteorológicos hasta la estación angostura, es el siguiente:



Vaso

Área de la cuenca	18 099 km ² .
Longitud del embalse	100 Km.
Elevación máxima del parte aguas	3 200 m
Elevación media de la cuenca	1 100 a 1 300 m.
Elevación mínima de la cuenca	413 m.
Precipitación media anual	1 379 mm.
Escurrimiento medio anual	9.7 x 10 ⁹ m ³
Escurrimiento mínimo registrado.	59 m ³ /seg.

1.2.4 Misión

Prestar el servicio público de energía eléctrica con criterios de suficiencia, competitividad y sustentabilidad, comprometidos con la satisfacción de los clientes, con el desarrollo del país y con la preservación del medio ambiente.

1.2.5 Visión al 2030

Ser una empresa de energía, de las mejores en el sector eléctrico a nivel mundial, con presencia internacional, fortaleza financiera e ingresos adicionales por servicios relacionados con su capital intelectual e infraestructura física y comercial.

Una empresa reconocida por su atención al cliente, competitividad, transparencia, calidad en el servicio, capacidad de su personal, vanguardia tecnológica y aplicación de criterios de desarrollo sustentable.



1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Elaborar un procedimiento de extracción de segmentos guía para la chumacera combinada con intención de darle mantenimiento o reducir tiempos en caso de que exista algún problema.

1.3.1 Objetivos específicos

- Se busca facilitar la extracción de los segmentos guía en caso de que se detecte un fallo o problema relacionado con los mismos.
- Se pretende tener una guía para la extracción de los segmentos y así poder darle mantenimiento.

1.4 Problemas a resolver

En la Central Hidroeléctrica Belisario Domínguez se cuenta con 5 unidades generadoras, las cuales contienen tres chumaceras guía y una de carga. Estas chumaceras son de difícil acceso para su mantenimiento por lo que no se ha podido realizar. La idea es realizar un procedimiento para extraer los segmentos en caso de que suceda un fallo repentino, se pretende reducir tiempo ya que las unidades generadoras deben estar siempre disponibles. Al paso del tiempo se tendría un procedimiento de extracción para futuro mantenimiento y así prevenir estos fallos.



1.5 Alcances y limitaciones

Se determinarán las condiciones en las que se pueda realizar la extracción de los segmentos guía. Es importante aclarar que este es un procedimiento delicado ya que, los segmentos son colocados de forma precisa alrededor de las pestañas que contiene la flecha y no se debe cometer error alguno a la hora de extraerlo. Una mala extracción de estos implicaría un contacto brusco del material babbitt con otro material duro, esto ocasionaría un desprendimiento del metal blando. Si el segmento se encuentra dañado será necesario su remplazo.

Como limitaciones tenemos los elementos que están presentes en la unidad y que son esenciales para que esta funcione, estos elementos son, tuberías, sensores, carcasas, bombas hidráulicas, etc..



Capítulo 2

FUNDAMENTO

TEÓRICO



En esta parte se hablará de la relevancia correspondiente a los temas que sirvieron como base fundamental para el pleno desarrollo y finalización del proyecto, esto se hace con la finalidad de poder tener una mejor comprensión acerca de cómo se realizó el procedimiento que se presenta como solución a la problemática anteriormente planteada.

2.1 Casa de máquinas

De tipo subterráneo, la casa de máquinas se construyó en el interior de la roca montañosa a la margen derecha y su acceso es a través de un túnel de 640 m de longitud.

Su construcción se efectuó en dos etapas, alojando en la primera de ellas a las unidades 1,2 y 3 y en la segunda a las unidades 4 y 5.

Las dimensiones de ambas construcciones son las siguientes:

	1ª Etapa	2ª Etapa
Longitud	113.50 m	99.00 m
Ancho	19.30 m	19.30 m
Altura	46.40 m	46.40 m

Las principales elevaciones se indican enseguida y otras se muestran en el esquema del corte transversal.

Bóveda	443.40 m.s.n.m.
Aire acondicionado	436.07 m.s.n.m.
Piso generadores	427.00 m.s.n.m.
Piso de barras	423.50 m.s.n.m.
Piso de tableros	422.50 m.s.n.m.
Piso de turbinas	420.30 m.s.n.m.
Línea de centros turbina	417.00 m.s.n.m.
Puerta inspección rodete	411.50 m.s.n.m.
Galería de inspección	410.50 m.s.n.m.
Asiento tubo de succión	398.69 m.s.n.m.

2.2 Turbinas

Una turbina es una máquina motriz que consiste de una parte giratoria llamada rodete, que se impulsa por un fluido en movimiento. Dependiendo de la naturaleza de este fluido, las turbinas se pueden dividir en: hidráulicas, a vapor y a gas. La función de una planta hidroeléctrica es utilizar la energía potencial del agua almacenada en un lago, a una elevación más alta y convertirla, primero en energía mecánica y luego en eléctrica. Este proceso toma en consideración varios factores entre los cuales uno de los más importantes es la caída de agua (head). Este factor es decisivo al momento de escoger el tipo de turbina hidráulica que se instala en la planta.

Una caída alta (entre 243 a 609 metros) requiere una turbina para alta presión, de impulso o tipo Pelton. Si la caída es intermedia (entre 60 y 243 metros), entonces se escoge una turbina de reacción tipo Francis. Para caídas bajas (menores de 60 metros) se utiliza un tipo de turbina de reacción tipo Kaplan.

Las turbinas Francis son turbinas hidráulicas de reacción, que se pueden diseñar para un amplio rango de saltos y caudales, siendo capaces de operar en rangos de desnivel que van de los dos metros hasta varios cientos de metros. Esto, junto con su alta eficiencia, ha hecho que este tipo de turbina sea el más ampliamente usado en el mundo, principalmente para la producción de energía eléctrica en centrales hidroeléctricas.

Las turbinas hidráulicas han sido usadas históricamente para accionar molinos de diversos tipos, aunque eran bastante ineficientes. En el siglo XIX las mejoras logradas en las turbinas hidráulicas permitieron que, allí donde se disponía de un salto de agua, pudiesen competir con la máquina de vapor.

En el año 1826 Benoit Fourneyron desarrolló una turbina de flujo externo de alta eficiencia (80%). El agua era dirigida tangencialmente a través del rodete de la turbina provocando su giro. Alrededor de 1820 Jean V. Poncelet diseñó una turbina de flujo interno que usaba los mismos principios, y S. B. Howd obtuvo en 1838 una patente en los EE.UU. para un diseño similar.

En 1848 James B. Francis mejoró estos diseños y desarrolló una turbina con el 90% de eficiencia. Aplicó principios y métodos de prueba científicos para producir la turbina más eficiente elaborada hasta la fecha. Más importante, sus métodos matemáticos y gráficos de cálculo mejoraron el nivel de desarrollo alcanzado (estado del arte) en lo referente al



diseño e ingeniería de turbinas. Sus métodos analíticos permitieron diseños seguros de turbinas de alta eficiencia.

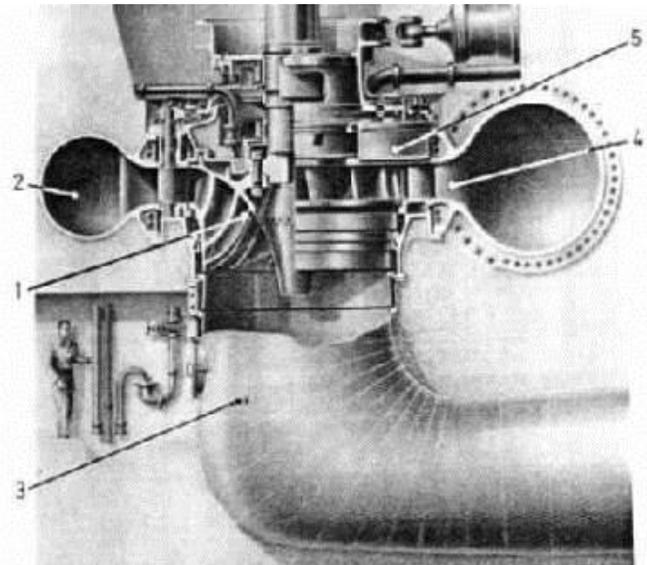


Figura 2.1. Turbina NEYRPIC representada en semicorte.

En la figura 1 está representada en semicorte axial una turbina NEYRPIC, de 100.000 CV de potencia, 333 r.p.m. para un salto de 179 m. Se puede apreciar el rodete o parte móvil de turbina (1 en la figura), constituido por un cierto número de paletas o álabes que oscila entre 16 y 21, y depende del tipo de construcción.

El agua procedente de la tubería forzada, entra perpendicularmente al eje de la turbina y sale paralela a él. La parte por la que entra el agua en la turbina se denomina cámara de descarga, la que está indicada por 2 en la figura. El agua, después de pasar por el rodete, impulsando a éste y haciéndolo girar, sale por un tubo denominado tubo de aspiración (3 en la figura).

Para regular el caudal de agua que entra en el rodete se utilizan unas paletas directrices situadas en forma circular, y cuyo conjunto se denomina distribuidor (4 en la figura). Cada una de las paletas directrices se mueve sobre un pivote, de tal forma que llegan a tocarse en la posición de cerrado, en cuyo caso no entra agua en el rodete, y tienen sus caras casi paralelas en la posición de abierto, en cuyo caso el caudal de agua recibido por el rodete es máximo. El conjunto de paletas directrices del distribuidor se acciona por medio de un anillo móvil (5 en la figura), al que están unidas todas las paletas directrices, y este

anillo móvil, a su vez está accionado por el regulador de velocidad de la turbina. Esto se puede apreciar en la figura 2, una turbina Francis vista desde abajo; donde (1) es el rodete de la turbina, unido al eje (2) de la misma. Las paletas del distribuidor están representadas por (3), y (4) expresa los pivotes sobre los que giran dichas paletas; en la figura, las paletas del distribuidor están casi totalmente abiertas.

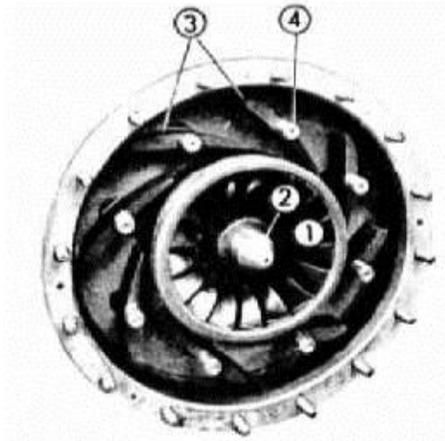


Figura 2.2. Turbina Francis vista por abajo.

La turbina Francis representada anteriormente es de eje vertical; también se construyen turbinas Francis de eje horizontal, tal como la representada en las figuras 3 y 4; se trata de una turbina ESCHER WYSS de 10.6 kW y 1440 r.p.m. para un salto de 144 m; en este caso la cámara de descarga rodea verticalmente el rodete, mientras que la cámara de aspiración sigue siendo vertical, como en el caso de la turbina Francis de eje vertical.



Figura 2.3. Turbina Francis horizontal.

Figura 2.4. Caracol de una turbina Francis horizontal.

Para la elección de una turbina Francis de eje horizontal o de eje vertical, se tienen en cuenta diversos criterios.

La turbina Francis de eje horizontal presenta las siguientes ventajas:

1. Separación completa de la turbina y el generador.
2. Disposición ventajosa de la sala de máquinas ya que la turbina y el generador están situados al mismo nivel.
3. Fácil montaje.
4. Facilidad de reparaciones en la turbina y en el generador.
5. Costo reducido de la turbina y el generador.

Respecto a la turbina de eje horizontal, la turbina Francis de eje vertical presenta los siguientes inconvenientes:

1. La turbina y el generador ya no son completamente independientes puesto que ambas máquinas han de estar soportadas por un cojinete axial común.
2. Al estar superpuestas la turbina y el generador, se precisa construir una sala de máquinas de, por lo menos, dos plantas.
3. El montaje es más difícil.
4. Los dispositivos de engrase (sobre todo del cojinete axial) son más complicados.

5. El costo es superior en aproximadamente, un 20 % a igualdad las demás condiciones.

En resumen, que la tendencia moderna es construir turbinas Francis de eje horizontal. Sin embargo, como las primeras turbinas Francis eran de eje vertical, las casas constructoras tienen mayor experiencia en la construcción de turbinas de este tipo, por lo que todavía se realizan muchas instalaciones con turbinas Francis de eje vertical. Sobre todo, es interesante el empleo de estas turbinas cuando, por razones de espacio disponible, conviene reducir la superficie de la sala de máquinas, todo lo que sea posible.

La forma de rodete y el perfil de los álabes dependen de las características de salto y caudal. Se puede ver en la figura 5 un rodete de turbina Francis lenta, para un salto de 455 m, y en la figura 6, un rodete de turbina Francis extrarrápida, para un salto de 32 m, en que su tamaño aumenta significativamente, para aumentar su velocidad, variando también el ángulo de las paletas.



Figura 2.5. Rodete para turbina Francis.

En las centrales hidráulicas con saltos de pequeña y mediana altura, la turbina Francis se monta con la cámara de descarga abierta. En las figuras se representan esquemáticamente dos turbinas Francis, de eje vertical y de eje horizontal, respectivamente, montadas en cámara abierta. En este tipo de cámara el agua llega libremente hasta la turbina, quedando ésta sumergida en el agua, tal como puede apreciarse con ambas figuras.

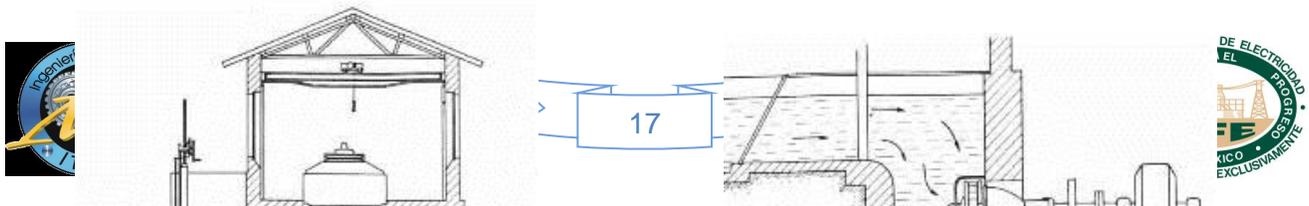


Figura 2.6. Turbina Francis vertical.

Figura 2.7. Turbina Francis Horizontal.

Para saltos de gran altura no es posible la instalación de cámara abierta, pues ésta quedaría sometida a grandes presiones. En estos casos, se emplean cámaras de descarga cerradas y para saltos aún mayores (300 m y más) cámaras de descarga en espiral; el agua llega a la turbina por la tubería forzada y sale por un tubo difusor o de aspiración. En la figura siguiente se presenta un esquema de una turbina con cámara forzada.

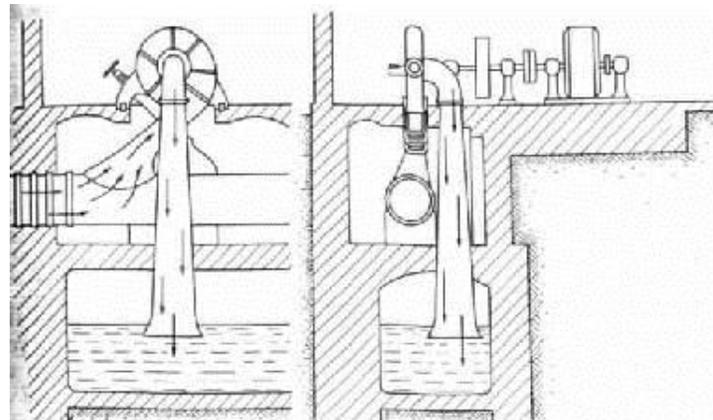


Figura 2.8. Turbina con cámara forzada.

2.3 Características de las turbinas en la C.H. “La Angostura”

Las cinco turbinas de la central son del tipo Francis vertical y se encuentran alojadas en la caverna que forma la Casa de Máquinas, localizadas a la elevación 420.30 m.s.n.m.

Los principales datos técnicos son los siguientes:

Marca	Escher Wyss.
Tipo	Francis vertical.
Potencia	184 000 kw
Frecuencia	60 c.p.s.
Gasto	218 m ³ /seg
Caída neta	91.5 m
Velocidad	128.6 r.p.m.
Velocidad embalamiento	245 r.p.m.
Diámetro entrada espiral	5.70 m
Diámetro entrada rodete	4.65 m
Diámetro salida rodete	5.28 m
Diámetro flecha	1.20 m
Diámetro chumacera guía	1.60 m
Material rodete	Acero inoxidable.
Numero alabes rodete	14
Rotación	En sentido de las manecillas del reloj, vista desde arriba.

2.4 Elementos que integran una turbina hidráulica

A continuación se describen las partes más importantes que integran una turbina hidráulica:

2.4.1 Espiral

La carcasa espiral empotrada es de construcción completamente soldada de acero de construcción de grano fino. El ante distribuidor bipartido fue soldado completamente en los talleres del fabricante.

Allí también se efectuó la prueba hidrostática con una presión de 20 kg/cm². Para acceso y control, la carcasa espiral tiene una entrada para hombre localizada a la elevación 420.30 m.s.n.m, del mismo piso de turbinas, sobre la parte superior de la tubería de presión.

2.4.2 Distribuidor

Después de la espiral el agua fluye por el distribuidor que está compuesto de 26 alabes directrices. Tiene la misión de regular el caudal de la turbina y/o cerrarlo. Los alabes son de acero inoxidable al 13% cr. Fundidos en una pieza y se apoyan con sus vástagos en tres cojinetes auto lubricados. Los bujes de cojinete de bronce con teflón asientan en los porta cojinetes del distribuidor de hierro fundido que están colocados desde afuera en las tapas de turbina. De esta manera se pueden montar y/o cambiar los bujes de cojinetes y juntas de alabes directrices sin desmontaje de las tapas de turbina.

Cada alabe directriz es accionada por un servomotor individual, cuyo vástago actúa sobre la palanca del distribuidor que está colocado en el vástago de alabe directriz lado generador.

Las tapas de turbina son de construcción soldada. Como la carga axial del cojinete de carga es transmitida a través de la tapa superior al ante distribuidor y desde allí al cimiento, esta tapa es de construcción sumamente rígida, tipo cajón. Para disminución del empuje axial hidráulico hay en la tapa lado generador cuatro tubos de descarga DN 200, a las que se conectan las tuberías que conducen al tubo de succión. La tapa interior sirve de apoyo para la carcasa del sello de flecha.

2.4.3 Rodete

El rodete esta fundido en una sola pieza de acero cromo al 13%, tiene un diámetro de entrada de 4 650 mm y 14 alabes. Mediante 16 bulones de acoplamiento esta atornillado a la flecha de la turbina y el momento de torsión es transmitido a través de 16 bujes de acoplamiento.

Para la formación del intersticio de laberinto de 2.5 mm con respecto a las tapas de turbina, hay atornillados anillos de desgaste de 4 segmentos, de material inoxidable recambiables. La tapa de rodete es de construcción soldada y forma adaptada al flujo.

2.4.4 Tubo de succión

Cuando el agua de servicio ha entregado su energía al rodete fluye a través del tubo de succión hacia la galería de desfogue. El tubo de succión este previsto, hasta una velocidad aproximadamente de 5 m/seg. Con un blindaje de chapa de 10 mm. de espesor.

Inmediatamente después del rodete hay un anillo de protección de tubo de succión de cuatro partes, cambiable, con un blindaje de chapa inoxidable. Por medio de una entrada lateral se puede montar una plataforma de inspección que sirve para la visión del rodete y para desmontaje del anillo de desgaste.

2.4.5 Flecha de turbina

La flecha de turbina esta forjada en una sola pieza y su diámetro es de 1.2 m está suficientemente diseñado para la transmisión del máximo momento de torsión. Las pistas para las chumaceras de guía son de forma de campana. El acoplamiento al generador se efectúa con 16 bulones y 16 pernos radiales. El anillo portante para la chumacera de carga está colocado con asiento deslizado sobre el extremo de la flecha.

2.4.6 Sello de flecha

El sello de flecha de la turbina se realiza mediante una junta axial de anillo deslizante lleva un blindaje inoxidable sobre el cual deslizan los segmentos de anillos de carbón que están colocados en el porta – anillo de sello, bipartido, que puede moverse de cierres y para refrigeración de las superficies de deslizamiento se inyecta agua de cierre en la ranura circundante del anillo de carbón.

El agua de fugas que sale hacia la flecha es juntada en una cámara colectora de agua y enviada por una tubería a la galería de drenaje de la casa de maquinas.

Por medio de la presión de agua de cierre graduable a través de una válvula de reducción de presión, puede variarse el intersticio (aproximadamente 0.05 a 0.1 mm) entre ambas superficies de deslizamiento y controlarse con el medidor de gasto, cuando la máquina esta en servicio.

Este sello trabaja durante la operación prácticamente sin contacto, por lo que solo está expuesto a un ínfimo desgaste y se ajusta automáticamente a medida que aparece desgaste.

Como supervisión del sello se tiene un termostato que emite alarma a temperatura demasiado elevada en la sala de tableros.

A fin de que durante trabajos de revisiones en el sello a plena presión de tubo de succión no pueda salir agua, está prevista una junta de parada radial que mediante agua a presión es empujada contra el anillo de sello inferior que lleva un blindaje inoxidable. Se tiene un seguro contra una puesta en marcha involuntaria con la junta de parada colocada.

2.4.7 Servomotores individuales

La regulación de los alabes directrices se efectúa por medio de veintiséis servomotores individuales que están fijados en forma móvil en el apoyo inferior cilíndrico de la chumacera de carga.

El cilindro con un diámetro de 200 mm está formado por un tubo bruñido y placas frontales, que están unidas por medio de bulones de tracción. El pistón esta bajo la acción de presión de aceite a ambos lados, en sentido de cierre y apertura y tiene una carrera de 260 mm.

El movimiento de mando del regulador es transmitido a través de un varillaje de mando que está apoyado en forma girable en la tapa de turbina a cada una de las válvulas de mando.

El aceite de presión es llevado a cada uno de los servomotores por medio de una tubería anular de colección, de la misma forma se efectúa la conducción de aceite de retorno.

2.4.8 Chumacera guía turbina

La turbina está equipada con una chumacera de guía inferior y una chumacera de guía superior. La chumacera de guía superior esta combinada con la chumacera de carga. Como otro lugar de apoyo se tiene una chumacera guía en la parte superior del generador, denominada chumacera guía generador.



Ambas chumaceras de guía fueron diseñadas como chumaceras de segmento y consisten de ocho segmentos revestidos con metal antifricción, que se apoyan a través de pernos de apoyo bombeados y la carcasa de chumacera. Las fuerzas radiales que se presentan en la chumacera guía inferior se transmiten a través de la carcasa de chumacera a la tapa de turbina superior y en la chumacera de guía superior al apoyo de la chumacera de carga superior. El apoyo de la chumacera de carga esta forzado con ocho vigas radiales en el pozo de la turbina. Para la supervisión de las chumaceras se cuentan con los siguientes instrumentos:

Para cada chumacera de guía superior e inferior:

- 1 termómetro de distancia a mercurio en el aceite con contacto de alarma.
- 1 termómetro de distancia a mercurio en metal de chumacera con contacto de alarma y un contacto de disparo.
- 2 sensores de temperatura a resistencia en el metal de la chumacera para el registrador de temperaturas.

Para control del nivel de aceite están colocados en la carcasa de la chumacera superior un flotador y en la carcasa de la chumacera inferior dos flotadores. El gasto de aceite y el de agua de refrigeración es controlado con supervisores de flujo y /o medidores de gasto electrónicos.

2.4.9 Chumacera de carga y alimentación de aceite

Los componentes principales de la chumacera de carga, son el anillo portante que está colocado sobre la brida de la flecha, los catorce segmentos basculantes, los pernos de apoyo y los apoyos de hierro blando. La carga axial de 800 Tm, que se genera durante el servicio, es transmitida a la tapa de turbina a través del apoyo de chumacera de carga superior e inferior.

La alimentación de aceite de chumacera para ambas chumaceras de guía y chumacera de carga se efectúa por un sistema cerrado. El aceite es aspirado desde el recipiente de aceite de la chumacera de guía inferior con una bomba vertical accionada por un motor

eléctrico y empujado por el refrigerador de aceite. Luego el flujo de aceite es distribuido a cada chumacera por diafragmas.

El retorno está provisto de un tubo de desborde, de modo que también en el caso de pérdidas en el sistema de tubería de segmentos quedan sumergidos en el aceite. Al tubo de desborde están conectadas dos tuberías de salida vertical. En la parte inferior de la tubería de mayor diámetro está prevista una válvula mariposa que está ajustada de modo tal que esta tubería a servicio normal este llena hasta la mirilla de arriba. De este modo se reduce la formación de espuma por la caída del aceite. Si la bomba de aceite conduce en caso inusitado un caudal mayor, entonces también fluye aceite por la tubería de retorno de menor diámetro, no estrangulada, desde la carcasa de la chumacera superior a la inferior.

En caso de falla de la bomba eléctrica vertical, una bomba de accionamiento eléctrico horizontal, se puede encargar de la alimentación de aceite como respaldo. Durante la puesta en marcha de la maquina se produce la presión necesaria de elevación entre los segmentos de chumaceras de carga y el anillo portante con una bomba de aceite independiente (bomba de prelubricación).

Cada carcasa de chumacera tiene el pasaje de la flecha una cámara de aire de cierre, a fin de evitar la salida de vapores de aceite. Además también hay instalada una extracción de los mismos vapores.

Para supervisión de la chumacera de carga hay los siguientes instrumentos:

- 1.- Termómetro de distancia a mercurio en el aceite con un contacto de alarma.
- 2.- Termómetro de distancia a mercurio en el metal de chumacera con un contacto de alarma y un contacto de disparo.



Capítulo 3

PROCEDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DE SEGMENTOS GUÍA



Para poder extraer los segmentos es necesario retirar algunos elementos de la unidad ya que, se extraerá por la parte inferior del recipiente de aceite de chumacera combinada. No todos los elementos necesitan desmontarse pero, para tener un mejor espacio en el cual se pueda maniobrar, se sacarán y de esta forma se evitará entorpecer el trabajo de extracción.

Los elementos a extraer son, en primer lugar el aceite lubricador. Al retirar el aceite se deja vacío el recipiente para así poder extraer los pernos que lo sujetan y otros elementos que están relacionados con el aceite, son los siguientes; la tubería de inyección de aceite chumacera guía superior, la de escape de vapor de aceite, entre otros. Los sensores de temperatura y los termómetros serán retirados. La bomba principal del sistema de enfriamiento también será retirada así como la carcasa superior de la flecha retirando los sensores de revoluciones y velocidad de la flecha.

3.1 Extracción del aceite lubricador

Para poder extraer los segmentos de la chumacera guía superior es necesario retirar el aceite lubricador, ya que los segmentos se encuentran inundados de él.

El aceite será retirado por medio de una bomba hidráulica. El extremo suelto de una manguera conectada al tubo de succión de la bomba se introduce en el recipiente de aceite chumacera inferior por la parte de un acceso que se encuentra en el mismo, son dos tapas juntas en forma de media luna y solo una de ellas es retirada. El aceite se deposita en un contenedor con la suficiente capacidad hasta que se termine la maniobra y se necesite usarlo nuevamente (ver figura 3.1).

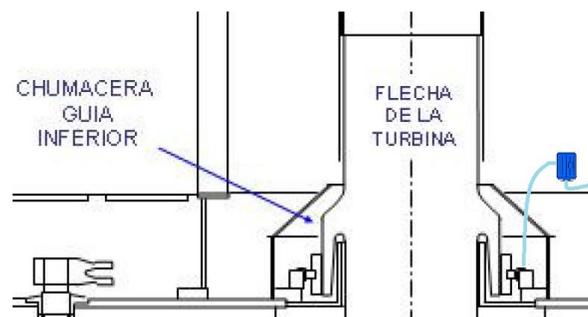


Figura 3.1.

3.2 Extracción de los sensores

Retiramos los dos termómetros y los dos sensores ya mencionados para la chumacera guía superior que están ubicados en la parte inferior del recipiente de aceite de la chumacera de carga (Figuras 3.1 y 3.2), así se evita dañarlos y no interfieran en la maniobra de extracción.



Figura 3.2 Sensores de temperatura a resistencia en el metal de la chumacera para el registrador de temperatura

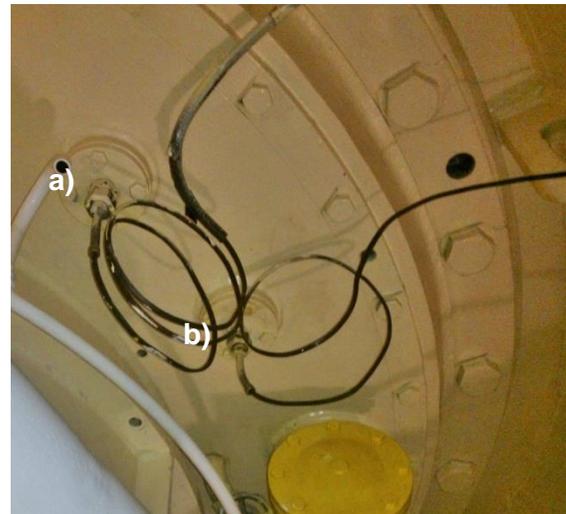


Figura 3.3 a) Termómetro de distancia a mercurio en el aceite con contacto de alarma y b) Termómetro de distancia a mercurio en el metal de chumacera con contacto de alarma y un contacto de disparo.

Para retirar los termómetros y sensores se extraen los pernos que sujetan a estos al recipiente. Son cuatro pernos del mismo diámetro por cada sensor y termómetro. Se colocan los sensores y los termómetros en un espacio donde puedan estar seguros para que no sufran daño alguno y así poder utilizarlos nuevamente, si los pernos se encuentran en buen estado asegurarse de que no se extravíen.

En el momento de que los sensores estén fuera sería una opción el calibrarlos para que tengan un buen servicio.

3.3 Desmontaje de tuberías

Algunas tuberías que se localizan en el espacio de maniobra se retirarán. Estas tuberías son de aire y de aceite.

En la siguiente figura podemos encontrar tuberías de aire (color blanco), de aceite (color amarillo) y de escape de vapor de aceite (tubería blanca pequeña).



Figura 3.4 Tuberías de aire y de aceite.

Las tuberías de aire contienen uniones por bridas con cuatro pernos, de estas uniones se retirarán los pernos para sacar la parte de tubería que interfiera con la maniobra.

La tubería de aceite que se ve en la figura es la que inyecta el aceite a la chumacera guía superior, al igual que la tubería de aire contiene uniones por bridas con cuatro pernos del mismo diámetro. Esta parte de tubería contiene una válvula antiretorno con muelle y un medidor de caudal, por lo que es recomendable extraer primero el tramo de tubería siguiendo por el medidor de caudal y terminando con la válvula check.

Se desmontará la tubería de escape vapor de aceite por medio de los coples que se encuentran en ella.

Tenemos presentes más tuberías de aceite conectadas a la bomba principal que se extraerán de igual manera (Figuras 2.5 y 3.6).



Figura 3.5



Figura 3.6

3.4 Desmontaje de la bomba principal

Debido a que la bomba principal se encuentra en el área donde se hará la maniobra de extracción es necesario su desmontaje. En las imágenes 3.5 y 3.6 se puede apreciar la bomba principal.

Primero se desmonta el motor eléctrico, se quitan los pernos de sujeción que están en la bomba y en la carcasa del eje. Se levanta con ayuda de diferenciales y se desplaza con ellos, se realiza de esta manera porque el motor eléctrico es muy pesado y se deberá realizar la maniobra con el mayor cuidado posible.

3.5 Desmontaje de la carcasa de la flecha

Alrededor de la flecha y debajo de lo que es el recipiente de aceite superior se encuentra una carcasa que envuelve a la flecha. Es necesario retirar esta carcasa para poder sacar la tapa inferior del recipiente y es esa en donde se encuentran apoyados los segmentos guía.

En primer lugar se remueve los sensores de velocidad que se encuentran en la carcasa de la flecha, ver figura.



Figura 3.7 Sensores de velocidad.

Se remueve el transformador de corriente del eje que se encuentra alrededor de la carcasa superior.

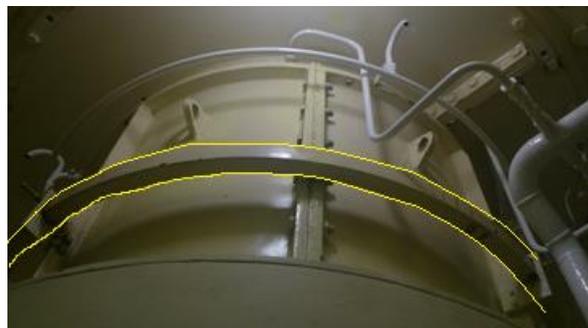


Figura 3.8 Transformador de corriente del eje.

Se retira el anillo que se encuentra en medio de la carcasa, se quitan los 32 pernos que lo sujetan con las otras partes de la carcasa, en la parte inferior hay 16 y en la superior otros 16. El anillo está seccionado en dos partes y se unen mediante 6 pernos, tres de cada lado, se quitan esos pernos para ya poder retirarlo.

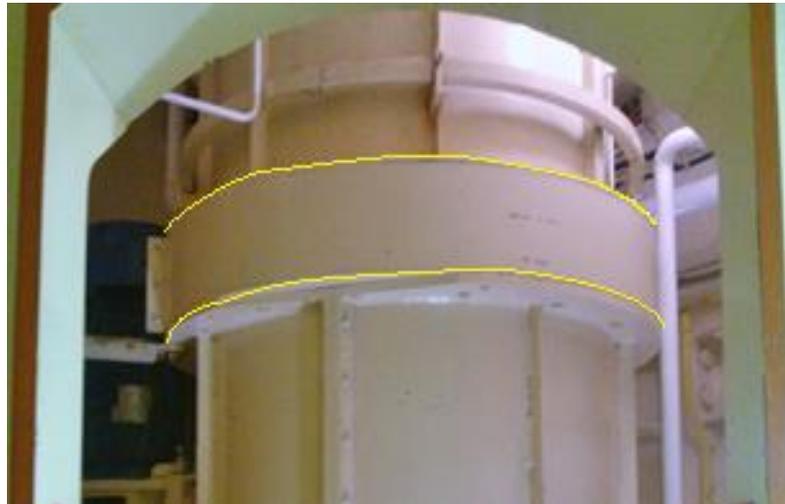


Figura 3.9 Anillo intermedio carcasa de la flecha.

Finalmente la carcasa superior del eje será removida, esta de igual manera esta seccionada en dos partes y contiene 12 pernos que la sujetan.



Figura 3.10 Parte de la carcasa de la flecha.

3.6 Colocación de la plataforma de maniobra

Una vez retirados los elementos del área de trabajo, se procede a montar una tarima para poder extraer los segmentos guía.

Se debe colocar de manera cuidadosa y ver que la tarima sea adecuada para la realización de la maniobra, que pueda soportar el peso sin problema alguno.

Es necesario colocar esta tarima debido a que la tapa inferior del recipiente se encuentra a tres metros y medio de la lámina antiderrapante que, es en donde el personal puede pararse y realizar inspecciones de rutina.

Colocada la tarima, la tapa inferior ya se tendrá al alcance y se podrá iniciar el procedimiento de extracción de segmentos.

3.7 Extracción de los segmentos guía

Para retirar la tapa inferior es necesario utilizar cuatro espárragos tornillos de 50 cm de longitud y una pulgada de diámetro con sus respectivas tuercas. Estos espárragos servirán para que al quitar los pernos que sujetan la tapa esta no se caiga.

La tapa inferior está dividida a la mitad, se generan 2 partes iguales que se encuentran unidas por 10 pernos, 5 en cada lado, está sujeta al recipiente de aceite por 34 pernos, 17 en cada parte de la tapa (ver figura 3.11). En la tapa se encuentran unos agujeros en donde se colocarán los espárragos junto con la tuerca. Una vez teniendo los espárragos en posición, se procede a quitar los pernos de una de las dos partes de la tapa, se trabajará con una parte primero por cuestiones de seguridad.



Figura 3.11

Teniendo la parte de la tapa libre de los pernos de sujeción, giramos las tuercas de los espárragos de tal manera que se produzca un espacio pequeño para que la parte de la tapa vaya bajando lentamente, en caso de que la tapa no baje se tiene otros orificios roscados en los cuales puede colocarse un tornillo que al introducirlo, este empuje la tapa inferior de donde se sujeta y se logra separar la tapa inferior del recipiente de aceite. Este procedimiento se hará solo para lograr despegar la tapa, una vez ya despegada lo único que resta por hacer es ir girando las tuercas de los espárragos de igual manera para que la tapa vaya bajando lentamente.

En la tapa inferior es donde se encuentran sostenidos los segmentos guía. El apoyo que utilizan estos segmentos para contrarrestar las fuerzas de la flecha se encuentran en otra componente del recipiente de aceite que, es el que sostiene a la chumacera de carga. En la siguiente figura podemos apreciar como se encuentran colocados los segmentos.

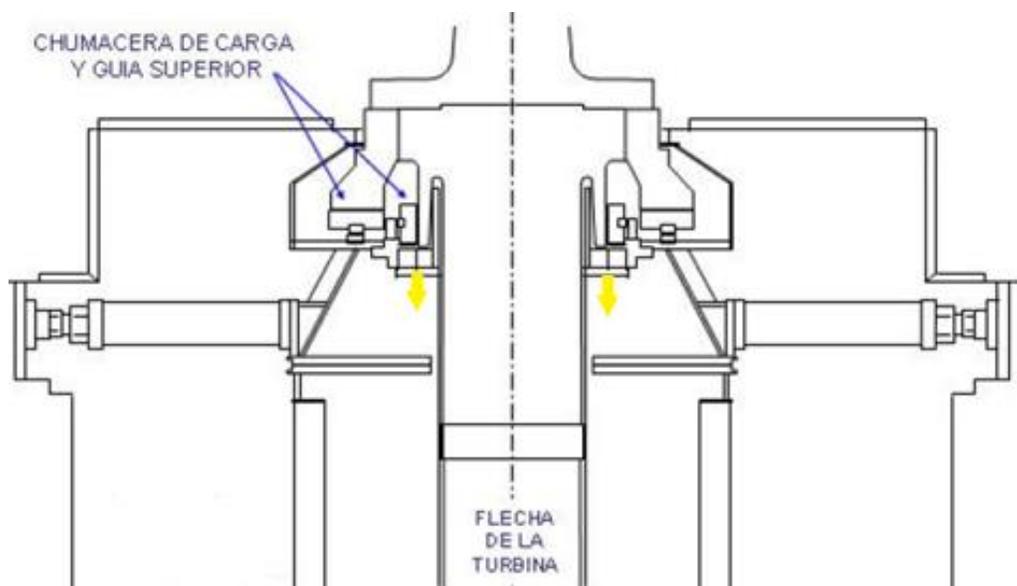


Figura 3.12

Se deja de hacer el proceso anterior una vez que la tapa inferior se encuentra en una posición en la que los segmentos puedan ser retirados. De manera cuidadosa se desmontará y se extraerán los segmentos uno por uno, estos segmentos contienen material delicado ante rayaduras y es este el principal problema que pueden presentar los segmentos.

Conclusión

Desde que la central hidroeléctrica fue puesta en operación, no se han cambiado los segmentos basculantes y no se ha proporcionado mantenimiento a las chumaceras. La información contenida en este proyecto pretende brindar ayuda a los trabajadores para contrarrestar de forma rápida la problemática que surge de un fallo en la unidad generadora, ocasionado o relacionado directamente con la chumacera guía superior. También es de beneficio si se pretende dar mantenimiento a dicha chumacera.

Debido a que las unidades generadoras siempre tienen que estar disponibles, este proyecto se puede usar de guía para la extracción de los segmentos y la detección del problema, logrando así poder tener la unidad lista en un menor tiempo.

Teniendo en cuenta que la chumacera guía superior esta combinada con la chumacera de carga, que los segmentos basculantes son delicados y que se requiere de una gran precisión en su montaje, se recomienda tener a gente capacitada en esto para que lleve el proceso de montaje de la chumacera, si el montaje no es el correcto puede traer consecuencias aún mayores.



Fuentes de información

Memoria técnica de la Central Hidroeléctrica Belisario Domínguez.

Comisión Federal de Electricidad [En línea]. México. Disponible en web:

< <http://www.cfe.gob.mx/> >

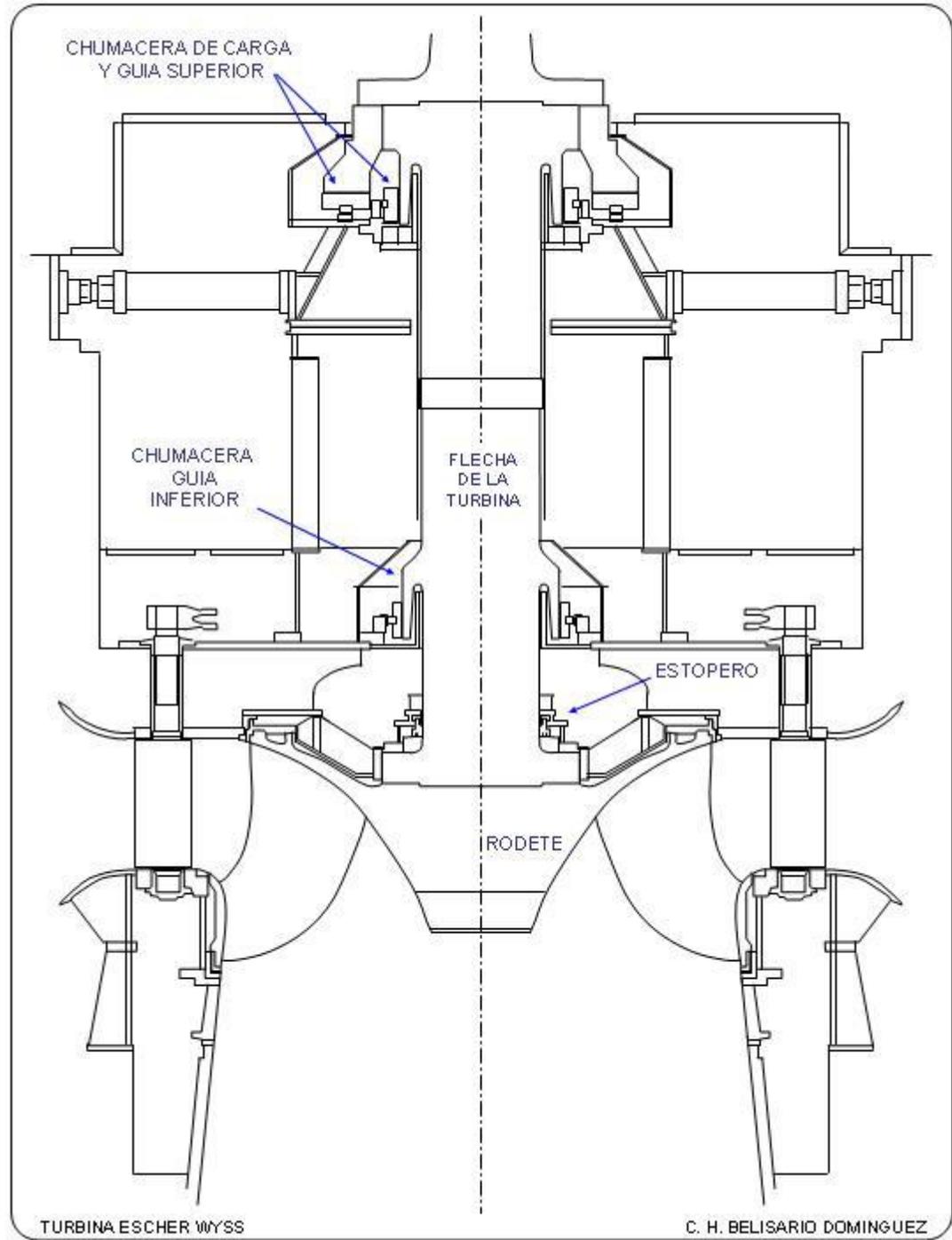
Tesis de maestría Víctor Antonio Fernández Nájera. Jefe del departamento mecánico en C.H. la Angostura. [PDF]

Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas. Claudio Mataix. Turbomáquinas Hidráulicas, Turbinas Hidráulicas, Bombas, Ventiladores.

Recursos Hidráulicos, Planta de tratamiento de aguas Villa Hermosa. [PDF]



Anexos



Corte de la turbina de la C. H. Belisario Domínguez

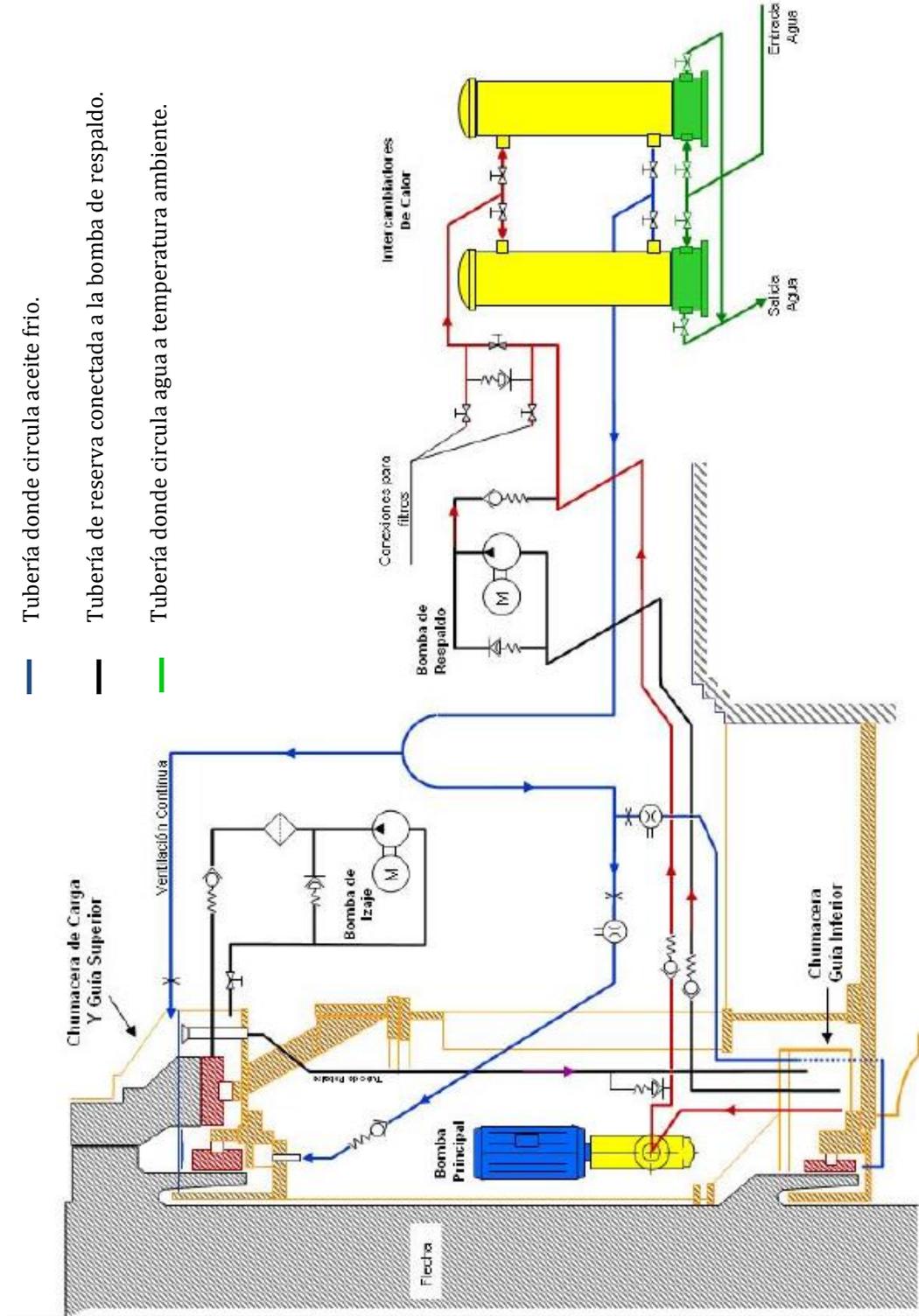
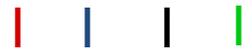


— Tubería donde circula aceite caliente.

— Tubería donde circula aceite frío.

— Tubería de reserva conectada a la bomba de respaldo.

— Tubería donde circula agua a temperatura ambiente.



Esquema de circulación de aceite de chumaceras