

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA



CENTRALES TERMOELECTRICAS

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TITULO
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

PRESENTA

ARTURO GONZALEZ GARZA

CD. UNIVERSITARIA

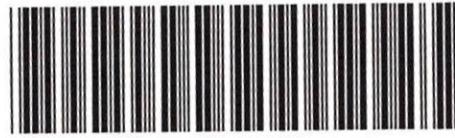
OCTUBRE DE 1998

T

TK136

G6

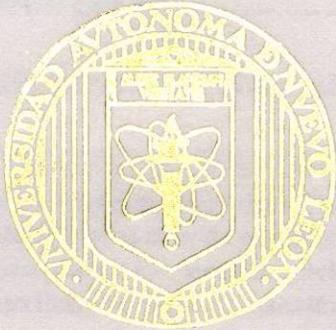
c.1



1080072272

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA



CENTRALES TERMOELECTRICAS

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TITULO
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

PRESENTA

ARTURO GONZALEZ GARZA

CD. UNIVERSITARIA

OCTUBRE DE 1996



X
XK 1360
96



ÍNDICE

Página

1. INTRODUCCIÓN	1
2. DESCRIPCIÓN DE UNA CENTRAL TERMOELÉCTRICA	2
3. CALDERA O GENERADOR DE VAPOR	4
Descripción / Partes principales / Combustibles utilizados / Sistemas de alimentación de combustible a la central Termoeléctrica / Sistema aire-gases / Protecciones del generador de vapor / Sistemas auxiliares e instrumentación	
4. TURBINAS DE VAPOR	11
Descripción / Partes principales / Sistema de control de velocidad / Sistema de lubricación / Sellos de vapor / Condensador principal / Sistema de vacío del condensador principal / Extracción de vapor	
5. GENERADOR DE C.A.	20
Descripción / Sistema de enfriamiento / Sistema de excitación / Sistema de protección	
6. SISTEMA DE COMBUSTIBLE A BASE DE CARBÓN Y SUBESTACION ELÉCTRICA.....	25
7. SUMINISTRO DE AGUA A LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA	26
Sistema de agua de alimentación a las calderas / Sistema de agua de enfriamiento (circulación)	
8. OPERACIÓN DE UNA CENTRAL TERMOELÉCTRICA	31
Parámetros operativos importantes de la caldera / Parámetros operativos importantes del turbogenerador / Llenado de la caldera y prueba hidrostática / Procedimiento general de arranque y de paro	
9. MANTENIMIENTO DE LA PLANTA	42
Grupo de mantenimiento / Facilidades de taller y herramientas / Materiales y partes para la reparación / Revisión de fugas / Reportes de averías / Programa de mantenimiento preventivo / Mantenimiento regular / Reportes de mantenimiento	

I. INTRODUCCION

El hombre desde sus inicios ha tenido necesidades que satisfacer, desde el primer invento que fué la rueda a sido progresivamente creativo y constructor para vivir comodamente. La energía eléctrica fué un descubrimiento que a evolucionado el ser creativo del hombre.

Hasta ahora, la energía eléctrica que se genera en grandes cantidades solo se ha podido lograr mediante el uso de la primera ley de la Termodinámica, al hacer una serie de transformaciones de la energías hasta llegar al tipo de energía que se requiera. En el caso de las centrales Termoelectricas la primera energía que se tendrá será la de los combustibles fosiles, de ella se realiza una combustion y se genera energía calorifica para luego transformarse en energia mecanica mediante el uso de una turbina y finalmente se transformará en energía eléctrica con el uso de un generador.

Debido a la necesidad de energía eléctrica que existe en todo México, la Comision Federal de Electricidad con su afan de cubrir dichas necesidades ha creado en diferentes partes de la Republica, plantas generadoras de energía eléctrica, como son Hidroelectricas, Carboelectricas, Termoelectricas, y una Planta Nuclear que utilizará Uranio como materia principal.

En este trabajo verá lo que es una Central Termoelectrica así como los equipos con que está constituida.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE UNA CENTRAL TERMOELÉCTRICA

Una central termoeléctrica esta compuesta principalmente por un generador de vapor, una turbina, un generador de C.A., excitador, subestación eléctrica, etc.

Es obvio que para que el equipo anterior funcione eficientemente se requiere gran cantidad de equipos auxiliares como son: Bombas, compresores, interruptores, transformadores, intercambiadores de calor , etc.

El objetivo de una central termoeléctrica es la producción de la energía eléctrica partiendo de un combustible, el cual es suministrado por medio de un mecanismo hasta el hogar de la caldera donde se provoca la combustión, suministrando aire por un ventilador de tiro forzado y un transformador de ignición que alimenta de C.D al electrodo de la bujía provocando una chispa efectuándose la combustión.

El generador de vapor previamente es llenado con agua de buena calidad químicamente hablando, agua que al ser calentada se convierte en vapor de agua; este último es almacenado a alta presión y temperatura en un recipiente cilíndrico horizontal llamado domo o colector de vapor.

El vapor de agua a alta presión y temperatura es transformado a través de una línea principal hasta la turbina de vapor, donde se expansiona convirtiendo su energía calorífica en energía cinética, la cual hace girar la turbina y por consiguiente al generador de C.A., produciendo así la energía eléctrica que es mandada a una subestación eléctrica através de un interruptor principal y un transformador elevador de voltaje.

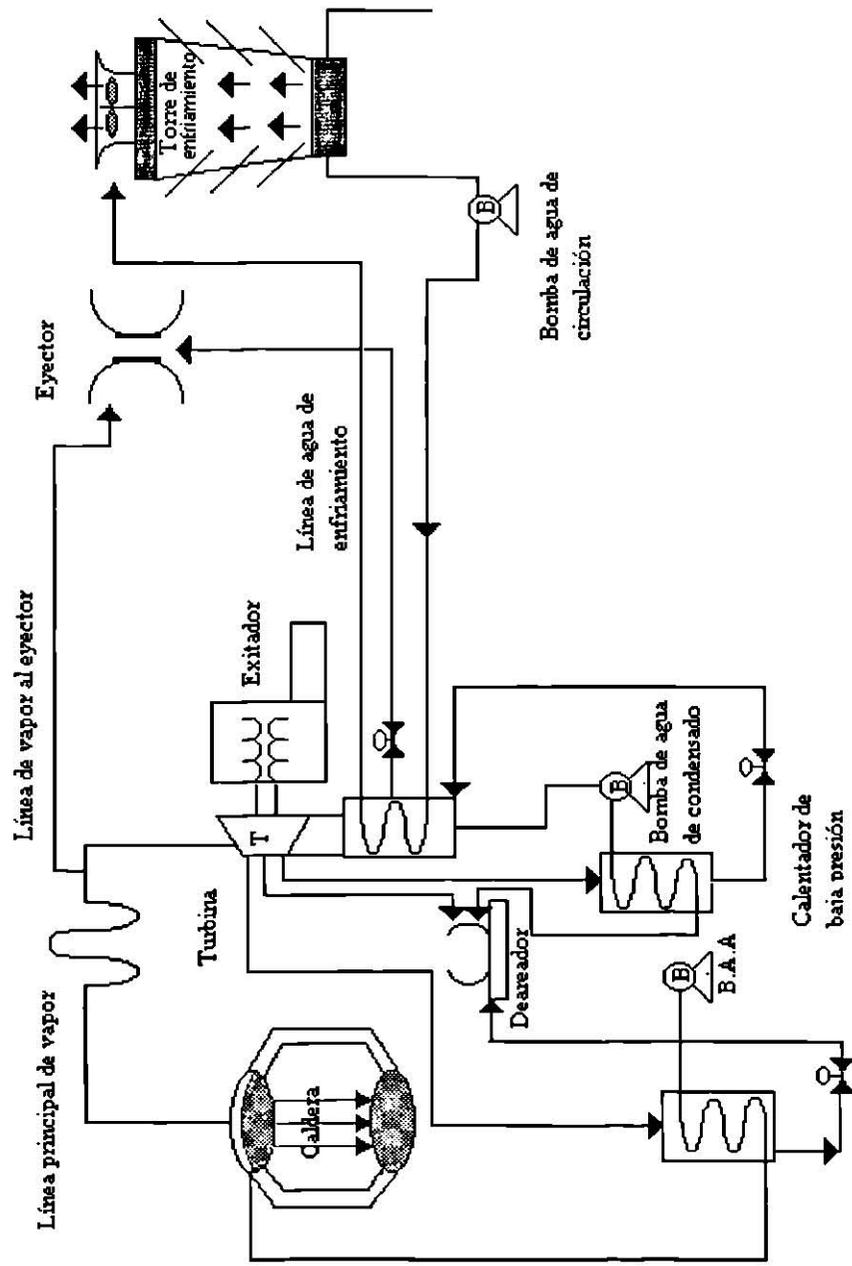
De la subestación eléctrica salen las líneas de transmisión que conducirán la energía eléctrica hasta los centros de consumo.

Volviendo con el ciclo agua-vapor, el generador que trabaja en la turbina una vez que pierde presión y temperatura es condensado por medio de un intercambiador de calor de superficie utilizando agua procedente de una torre de enfriamiento.

Una vez condensado el vapor es succionada el agua por medio de una bomba que se encarga de incrementar su presión y hacerla pasar por unos calentadores de agua de alimentación hasta otro intercambiador de calor llamado derredor que cumple con dos funciones; la primera como calentador de agua y la segunda para desalojar los gases indeseables del sistema que pudieran producir corrosión en tuberías y en el generador de vapor.

Después del deareador se tiene una bomba de agua de alimentación que se encarga de suministrar el agua al generador de vapor o caldera para mantener un nivel correcto de operación y seguir produciendo vapor el cual regresará a la turbina para cerrar el ciclo termodinámico llamado Rankine o Regenerativo según sea el caso si se utiliza o no calentadores de agua de alimentación.

Fig. 2.1 Ciclo de agua-vapor de una central termoelectrica.



3. GENERADOR DE VAPOR (CALDERA)

La caldera es el elemento esencial en una planta de vapor porque el vapor no se puede obtener a menos que se genere en la caldera, esto es si no tiene a mano una fuente de vapor subterránea como se encuentran en ciertos lugares de Italia; la mayor parte de las plantas generan su propio vapor en recipientes herméticos alimentados con agua que al recibir el calor, generan vapor. El vapor generalmente se genera bajo presión, de acuerdo con las características de la máquina que alimenta. A mayores presiones y temperaturas, mayor será la eficiencia de la máquina que transformará el calor en energía mecánica.

a) Descripción de un generador de vapor.

Un generador de vapor, es un conjunto de elementos que sirven para producir vapor de agua por medio de la combustión.

Los generadores de vapor pueden ser: acuotubulares o piro-tubulares para flujos pequeños.

En las centrales termoeléctricas debido a la gran cantidad de vapor utilizado para hacer girar la turbina, por lo regular son generador de vapor acuotubulares. Los generadores de vapor en cuanto a su presión en el hogar pueden ser de presión positiva donde se utiliza es ventilador de tiro forzado solamente o bien de tiro balanceado donde se utiliza además de un ventilador de tiro inducido, provocando una presión negativa en la cámara de combustión.

El proceso que lleva un generador de vapor para la producción de vapor es el siguiente: El agua de alimentación suministrada por una bomba, es almacenada en el domo superior donde es colocado su nivel, a partir de ahí el agua desciende por tubos llamados (down-commers) hasta los cabezales que alimentan las paredes de agua, las cuales rodean el hogar o cámara de combustión hasta llegar hasta su punto e ebullición, ascendiendo el vapor por otros tubos hasta llegar al domo superior o colector de vapor, donde la mitad es agua y la otra mitad es vapor; dicho vapor es saturado y como en la turbina se requiere vapor seco, es por eso que el vapor se hace pasar por un sobrecalentador donde se incrementa su temperatura por medio del poder calorífico de los gases de combustión.

b) Partes principales de un generador de vapor

Las calderas cuentan con un cuerpo para manejo de aire y gases de la combustión; entre los auxiliares esenciales para la operación de la caldera nos encontramos con los equipos destinados al suministro del aire al horno y la evacuación de los gases productos de la combustión. Estos equipos están representados por chimeneas, ductos, ductos ventiladores para tiro forzado y tiro inducido.

La mayoría de los generadores de vapor usados en centrales termoeléctricas cuentan con las siguientes partes:

1. Paredes de agua: Recubren el hogar o cámaras de combustión y sirven para hervir el agua que va al domo superior.
2. Domo superior: Conocido también como colector de vapor, en su interior se encuentra a cierto nivel de agua y el otro de vapor saturado.
3. Domo inferior: Conocido colector de lodos, su función es la de sedimentar todas las partículas en suspensión que no se eliminaron en el tratamiento del agua.
4. Quemadores: Su función es la de inyectar combustible al interior del hogar bajo ciertas circunstancias.

- | | |
|---------------------------------|--|
| 5. Sobrecalentador: | Su función es la de llevar la temperatura del vapor a condiciones adecuadas de operación de la turbina, aprovechando el poder calorífico de los gases de combustión. |
| 6. Precalentador de aire: | Se encarga de aumentar la temperatura del aire que se requiere para la combustión así como de disminuirle la temperatura de los gases de combustión. |
| 7. Economizadores: | Su función es la de elevar la temperatura de agua de alimentación a la caldera de manera que se consuma menos combustible. |
| 8. Ventilador de tiro forzado: | Se encarga de suministrarle aire a los quemadores para tener una buena combustión. |
| 9. Ventilador de tiro inducido: | Se encarga de sustraer los gases producto de la combustión y expulsarlos a la chimenea. |
| 10. Chimenea: | Es el escape de los gases de la combustión a la atmósfera. La chimenea tiene por objeto descargar los productos de la combustión a una elevación suficiente a fin de evitar, en lo posible, las molestias inherentes. |
| 11. Colectores de polvo | Estos se instalan, por lo general, antes de los ventiladores de tiro inducido a fin de reducir el desgaste en las aspas y envolventes, así como para disminuir la cantidad de polvo descargado a la atmósfera. Los colectores pueden ser de tipo mecánico, eléctrico o una combinación de ambos. |
| 12. Bombas de alimentación: | La bomba de alimentación es quizá el auxiliar más importante en lo que se refiere a la seguridad en la operación de la caldera. |
| 13. Evaporadores: | En plantas cuyas necesidades de agua de reemplazo (make-up) son reducidas digamos en el rango de un 3% o menos, esta agua de reemplazo para la caldera se suministra por medio de un evaporador. |

Algunos generadores de vapor se utilizan recalentadores y otros equipos auxiliares como son válvulas de todo tipo, compuertas, instrumentación, control y protección para un buen funcionamiento de la misma.

c) Combustibles utilizados en los generadores de vapor.

Los combustibles utilizados en un generador de vapor son: gas natural, diesel, combustóleo y carbón mineral no coquizable. En la actualidad la Comisión Federal de Electricidad tiene instaladas a nivel nacional Centrales termoeléctricas que utilizan los combustibles anteriores; por ejemplo, la planta de San Jerónimo ubicada al poniente de Monterrey utiliza gas natural; la central termoeléctrica Monterrey ubicada en Apodaca, Nuevo León, utiliza gas natural como encendido de la caldera y posteriormente utiliza combustóleo, lo mismo ocurre con la Planta Eléctrica Grupo Industrial (PEGI), cabe mencionar que es más barata la producción de vapor con combustóleo que con gas natural, sin embargo es más costoso el mantenimiento de la caldera que quema combustóleo por su alto contenido de azufre.

En la región carbonífera de Coahuila se tienen instaladas dos plantas a base de carbón mineral no coquizable, extraído de una mina localizada a unos 20 kms. de la planta.

d) Sistema de alimentación de combustible a la central termoeléctrica.

Existen diversos sistemas de alimentación de combustible dependiendo de que combustible sea utilizado; la mayoría de las centrales utilizan como combustible de encendido el gas natural o el diesel y posteriormente hacen el cambio a combustóleo o carbón.

En la red de gas el suministro es alimentado por un gasoducto llegando a una casera de consumo instalada en la central térmica, posteriormente pasa por diversas estaciones reductoras de presión hasta llegar a los quemadores.

En cambio el combustóleo requiere de un sistema de calentamiento por medio de vapor de las propias calderas utilizando intercambiadores de calor, además de la inyección de aditivos y vapor para la atomización del combustóleo al momento de la inyección a los quemadores.

Con relación al carbón este es transportado desde la mina hasta la planta por medio de bandas transportadoras, ferrocarril o camiones.

Una vez en la central pasan por unos trituradores o molinos y posteriormente a los silos alimentadores de los pulverizadores donde el carbón se convierte en polvo fino que es arrastrado por medio de aire hasta los quemadores.

e) Sistema Aire-Gases.

Entre los equipos auxiliares esenciales para la operación del generador de vapor nos encontramos con los equipos destinados al suministro de aire al hogar y la evacuación de los gases de la combustión, estos equipos lo componen: chimenea, ductos, componentes, ventiladores de tiro forzado e inducido.

Chimenea:	Tiene por objeto descargar los productos de la combustión a una elevación suficiente a fin de evitar en lo posible las molestias inherentes.
Ductos:	Son las conexiones entre el tiro forzado hasta el hogar de la caldera y desde la salida de los gases hasta la chimenea los cuales deberán ser herméticos y contar con juntas de expansión que permitan la dilatación del material.
Ventilador de tiro forzado	Es el encargado de suministrar el aire necesario al forzado interior del hogar para llevar a cabo la combustión.
Ventilador de tiro	Actúa como extractor de los gases provocando una inducido presión negativa en el hogar.
Compuertas:	Las compuertas en la sección de descarga de los ventiladores anteriores son el mecanismos que regula el flujo de aire o gases para que la caldera opere correctamente; estas compuertas son operadas manualmente o neumáticamente desde la sala de control.

f) Protecciones de un generador de vapor

Las protecciones de un generador de vapor son mecanismos que ayudan a evitar operaciones riesgosas que ponen en peligro la instalación y todo lo que rodea; las calderas por lo general tienen las siguientes protecciones:

- Muy bajo nivel de agua en el domo; dispara la caldera a los -20 cm.
- Muy alto nivel de agua en el domo; dispara la caldera a los 20 cm.
- Tiro forzado encendido; dispara la caldera, si se apaga el tiro forzado.
- Tiro inducido encendido; dispara la caldera si se apaga el tiro inducido.
- Switch de presión diferencial del tiro forzado.
- Switch de presión diferencial del tiro inducido.
- Alta presión de gas a quemadores; dispara la caldera a los 0.8 kg/cm^2 .
- Baja presión en el cabezal (línea de suministro); dispara la caldera a 1.5 kg/cm^2
- Baja presión de combustóleo en quemadores; dispara la caldera al llegar a 95°C
- Presión diferencial del vapor de atomización y el combustóleo; dispara la caldera al llegar a 1 Kg/cm^2
- Falla de flama en los quemadores.
- Botón de paro de emergencia; localizados en las caseras de fogoneros.

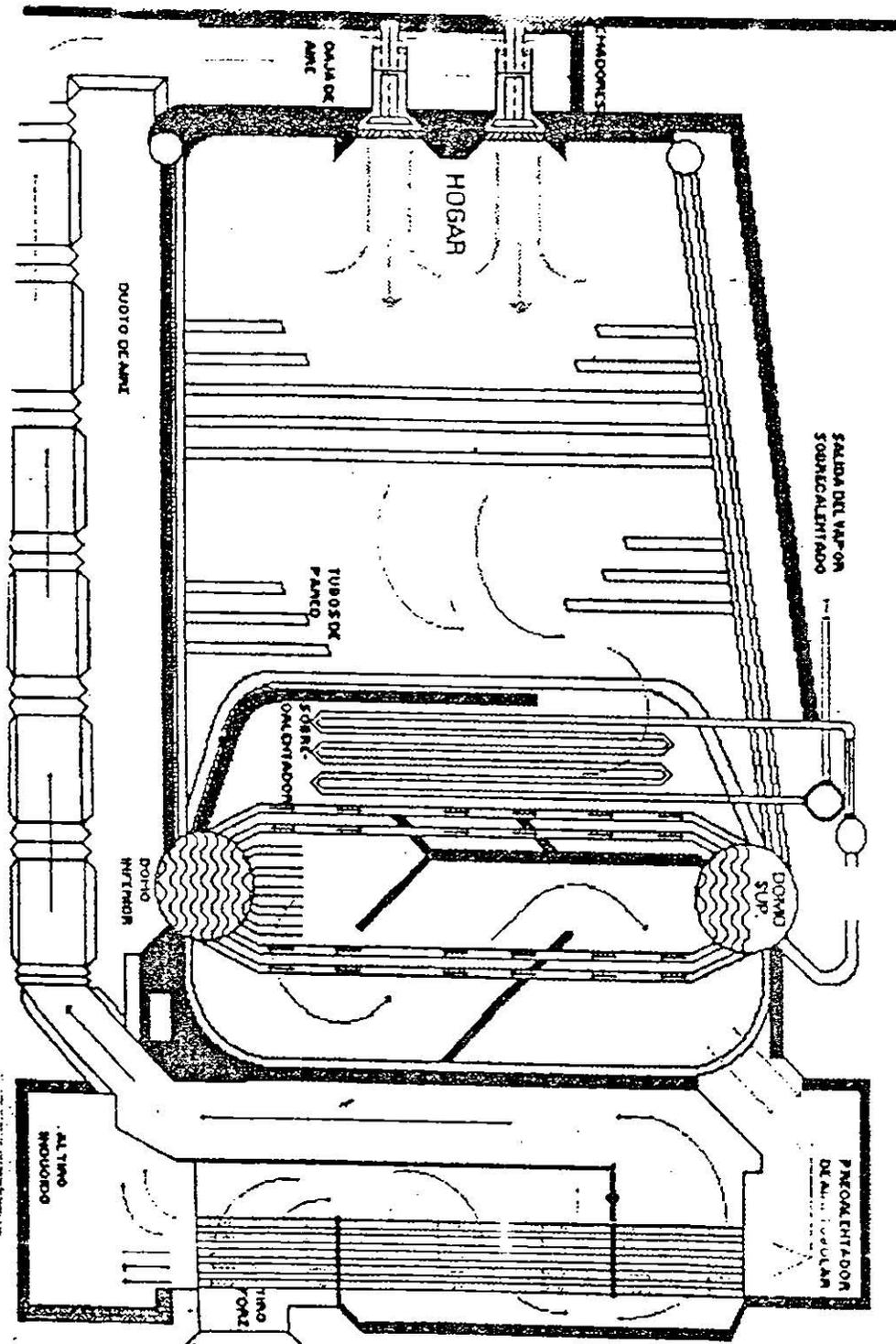
Todas estas protecciones operan sobre la válvula principal de corte de combustible apagando la caldera, además, de las protecciones anteriores el generador de vapor cuenta con válvulas de seguridad instaladas en el domo superior y la línea principal de vapor que permitan aliviar la presión de la caldera en caso necesario.

g) Sistemas auxiliares e instrumentación de un generador de vapor

Dentro de los sistemas auxiliares de un generador de vapor se tiene lo siguiente:

- Válvulas de purga de fondo: Sirven para drenar las calderas cuando se le van a dar mantenimiento o bien en operación cuando existe contaminación en el agua.
- Válvula de purga continua: Sirve para controlar los parámetros químicos del agua.
- Venteos: sirven para desalojar el aire interior de los tubos para evitar corrosión en los mismos.
- Sistema de calentamiento de combustóleo: Debido a que el combustóleo se solidifica al estar frío, por lo que se calienta por vapor para que pueda ser manejado por una bomba y descargado hasta los quemadores de la caldera.
- Instrumentos: De medición, control y protección se encuentran instalados una gran cantidad de manómetros, termómetros, medidores de flujo, controladores de presión que permitan operar eficientemente.

Fig. 3.1 Diagrama de una caldera y algunos equipos auxiliares



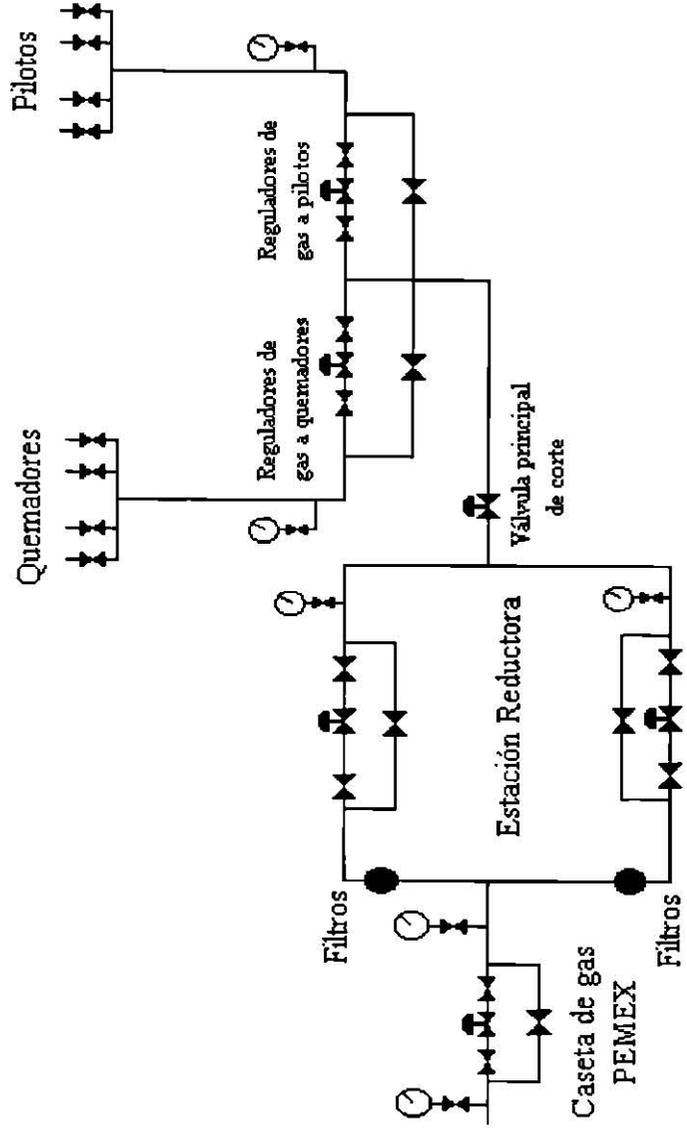


Fig. 3.2 Sistema de Suministro de Gas Natural a una Central Termoelectrónica.

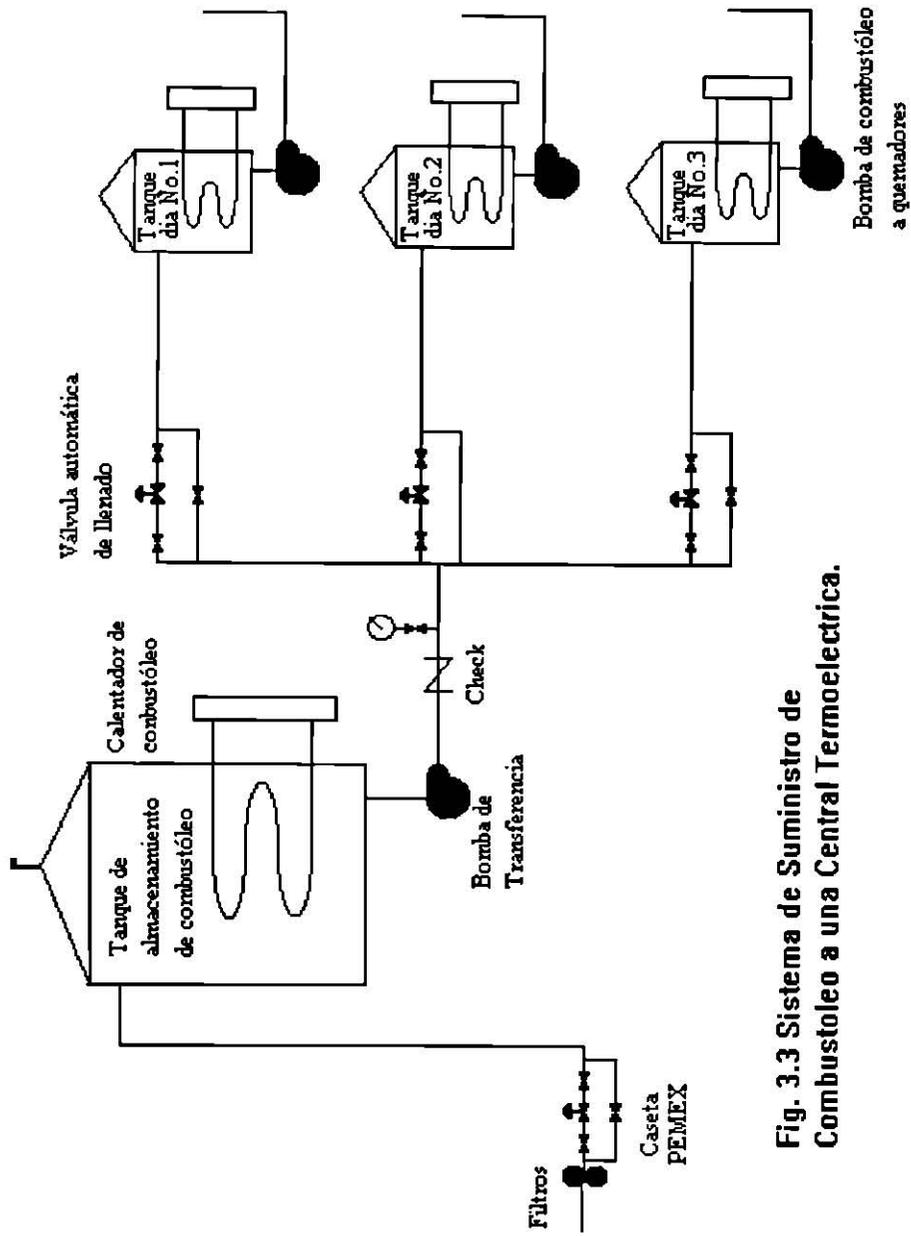


Fig. 3.3 Sistema de Suministro de Combustóleo a una Central Termoelectrica.

4. TURBINAS DE VAPOR

a) Descripción de una turbina de vapor

Una turbina de vapor es un mecanismo diseñado con la finalidad de convertir la energía del vapor de agua, en energía cinética y posteriormente en energía mecánica la cual hace girar al generador eléctrico en una central termoeléctrica. La turbina de vapor trabaja bajo principio de una tobera.

La clasificación general de las turbinas de vapor son; de acción o impulso y turbina de reacción. Una turbina de reacción es aquella donde el vapor sufre una expansión en las toberas fijas o alabes aumentando la velocidad del flujo de vapor golpeando o impulsando estos a los alabes móviles.

Una turbina de reacción aquella donde el vapor se expansiona en los alabes móviles al pasar por las toberas produciéndose una fuerza de reacción igual y en sentido contrario a la acción del vapor.

Las turbinas utilizadas en centrales termoeléctricas son turbinas de acción y reacción compuestas con condensador con etapas de velocidad y presión.

Las turbinas de gran capacidad están compuestas por una turbina de alta presión donde el vapor sufre una expansión retornando por una tubería al recalentador de la caldera donde aumenta su temperatura aprovechando los gases de la combustión y regresando a la turbina de presión intermedia donde nuevamente sufre una expansión bajando la presión y temperatura, posteriormente a través de un cross-over", el vapor es introducido a la turbina de baja presión sufriendo ahí su ultima expansión descargando el vapor hacia el condensador principal.

b) Partes principales de una turbina de vapor.

Una turbina está compuesta principalmente por una carcaza y un rotor; en la carcaza van alojados los alabes fijos y en el rotor los alabes móviles; como la turbina es un elemento giratorio está provista por una serie de chumaceras radiales de soporte revestidas con un material en su interior.

También cuenta con una chumacera de empuje instalada en un extremo de la turbina que sirve para contrarrestar el desplazamiento axial de la misma, evitando así que los alabes fijos-móviles rocen.

La turbina tiene un sistema de lubricación de aceite compuesto por unas bombas que permiten mantener siempre lubricadas la chumaceras. Además se tiene un sistema de gobierno que controla la velocidad de la turbina por lo general a 3600 rev/min cuando el generador de CA es de dos polos.

La turbina de vapor que tiene condensador, es decir, el vapor descarga a una presión negativa, por lo cual están provistas de unos sellos de vapor en sus extremos, éstos con la finalidad de evitar entradas de aire en el lado de baja presión y fugas de vapor por el lado de alta presión.

• Partes principales de la turbina referida a la fig. 4.3

- 1.- Tobera plana (primer estado)
- 2.- Intermedia (primer estado)
- 3.- Rueda de alabes (primer estado)
- 4.- Carcaza de alta presión
- 5.- Carcaza de desfogue

6.- Tobera de diafragma (14vo. estado)

7.- Ruedas de alabes (14vo. estado)

- A. Bomba de aceite y gobernador
- B. Gobernador de emergencia
- C. Chumacera de empuje
- D. gobernador de velocidad
- E. Dispositivo de paro de emergencia
- F. dispositivo de sincronización
- G. Relevador primario
- H. Mecanismo controlador de válvulas
- I. Anillo de balanceo
- J. Cubierta del eje
- K. Chumacera de apoyo

c) Sistema de control de velocidad de una turbina

El sistema de control de velocidad de una turbina de vapor de una central termoeléctrica, su operación consiste en mantener constante la velocidad (a 3600 rpm) para mantener la frecuencia y voltaje de salida del alternador; por tal motivo se requiere de un sistema que controla el flujo de vapor hacia la turbina procedente de la caldera.

Se tiene un sistema de gobierno o gobernador que consiste en un sistema hidráulico operado con aceite procedente del sistema de lubricación, nada más que a alta presión el cual permite el accionamiento de una válvula de admisión que permite la entrada de vapor en una cantidad necesaria para mantener la velocidad anteriormente citada.

d) Sistema de lubricación

El sistema de lubricación está compuesto por una bomba auxiliar de corriente alterna y sirve para lubricar el turbogenerador en el arranque o paro del mismo. Cuenta con una bomba principal de aceite accionada por la flecha de la turbina y es una bomba la que mantiene la lubricación en operación normal, es decir, cuando la turbina gira a 3600 rpm. aproximadamente entonces la lubricación es por ésta bomba y se mantiene en servicio hasta que se dispara la turbina.

e) Sellos de vapor

Las turbinas provistas de condensador, es decir que el vapor ya trabajado en la misma es descargado a presión negativa y por lo tanto se requiere de unos sellos que no permitan entrada de aire evitando se pierda la presión por medio de una válvula reguladora; cabe mencionar que el extremo de alta presión de la turbina también es sellado para evitar fugas de vapor y logrando con esto hacer mas eficiente la turbina. fig. 4.5

f) Condensador principal

El condensador principal es un intercambiador de calor de superficie que va instalado en la parte inferior de la turbina de baja presión y sirve para cambiar de estado el vapor que trabajó en la turbina convirtiéndose en agua, para que nuevamente sea suministrado a la caldera y continúe con el ciclo agua-vapor. Para cumplir con dicho funcionamiento es necesario hacer pasar un fluido, en este caso agua procedente de la torre de enfriamiento por dentro de los tubos del condensador y por fuera descarga el vapor que viene de la turbina, este vapor se condensa y se almacena en la parte inferior del condensador denominado pozo caliente de donde una bomba se encarga de succionar el fluido y descargarlo para continuar con ciclo.

El condensador en cooperación normal trabaja por el lado de desfogue del vapor con una presión de 700 mm de Hg de vacío. Figura 4.6.

g) Sistema de vacío del condensador principal

cuando el vapor cambia de fase ya que el agua en estado líquido ocupa menor volumen que el vapor por lo tanto se crea un vacío, sin embargo como se maneja una gran cantidad de vapor es necesario un mecanismo que mantenga el vacío anteriormente mencionado.

Para tal efecto se tienen unos eyectores de servicio y de arranque que vienen siendo unas toberas por donde se hace pasar vapor suministrado por una línea derivadora de la línea principal al pasar por la tobera del eyector adquiere una gran velocidad arrastrando los gases no condensables o aire del interior del condensador provocando la presión negativa o vacío. Fig.4.7

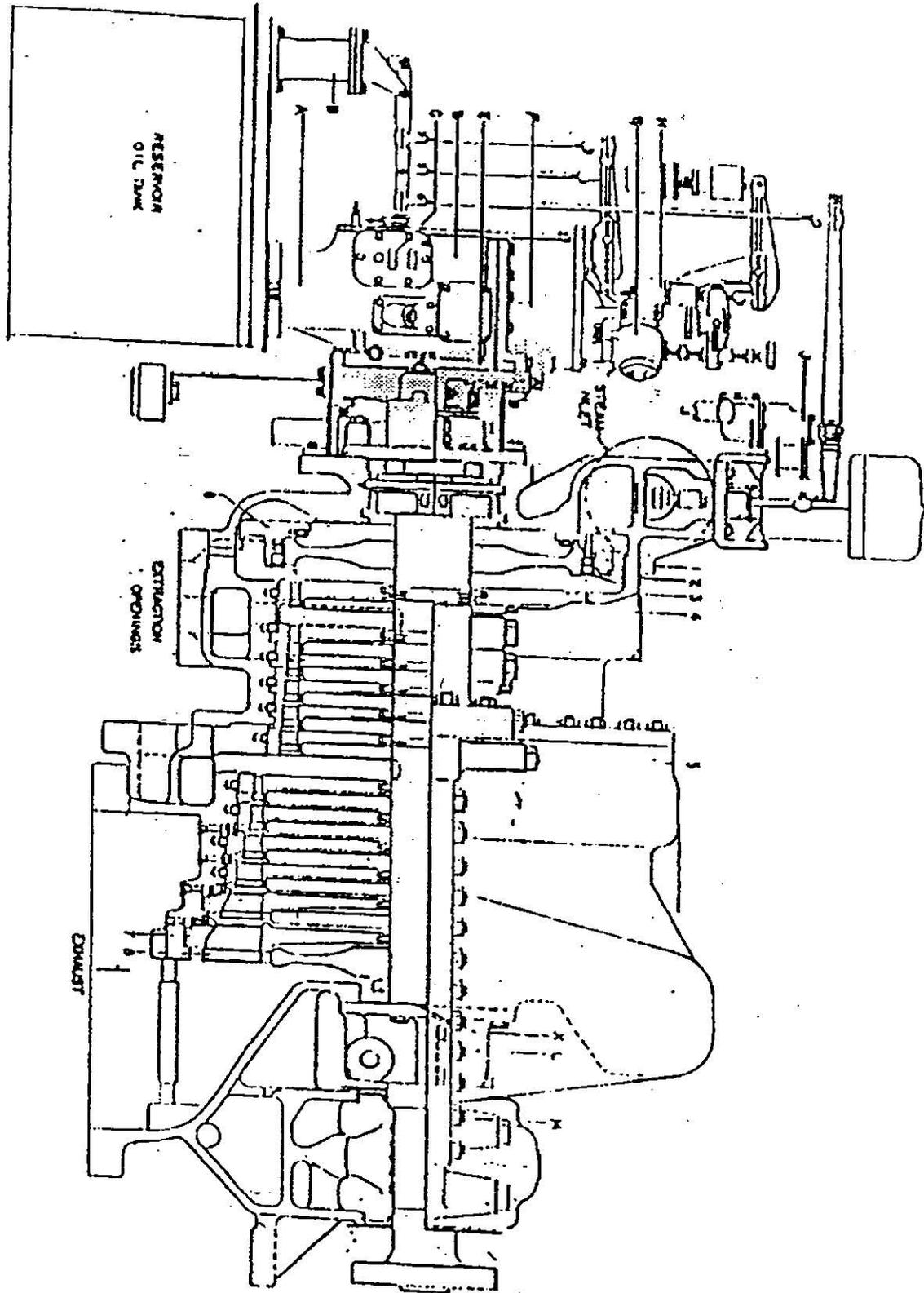
En el inicio de la operación del turbogenerador el vacío se efectúa con un eyector de arranque expulsando los gases no condensables y el vapor utilizado hacia la atmósfera y una vez obtenido el vacío requerido se utiliza un eyector de servicio, donde los gases no condensables y el vapor utilizado se hacen pasar por un condensador y de eyectores donde se recupera el vapor en forma de agua y retornando al condensador principal.

h) Extracción de vapor

A las turbinas de vapor se les practican unos orificios en diferentes etapas de las mismas con la finalidad de desviar que ya con trabajo en algunas ruedas de alabes con el objetivo de calentar el agua de alimentación que regresa a la caldera, esta desviaciones se le llama extracciones de vapor y van directamente a unos intercambiadores de calor donde pasa el agua hacia la caldera, de las extracciones o se condensa retornando dicho condensado al sistema ya sea al condensador principal o al deareador.

Las extracciones de vapor tienen a la salida de la turbina unas válvulas no retorno que evitan el regreso de vapor o agua a la misma pudiendo dañarlas. Fig.4.8

Fig. 4.3 Partes principales de una turbina



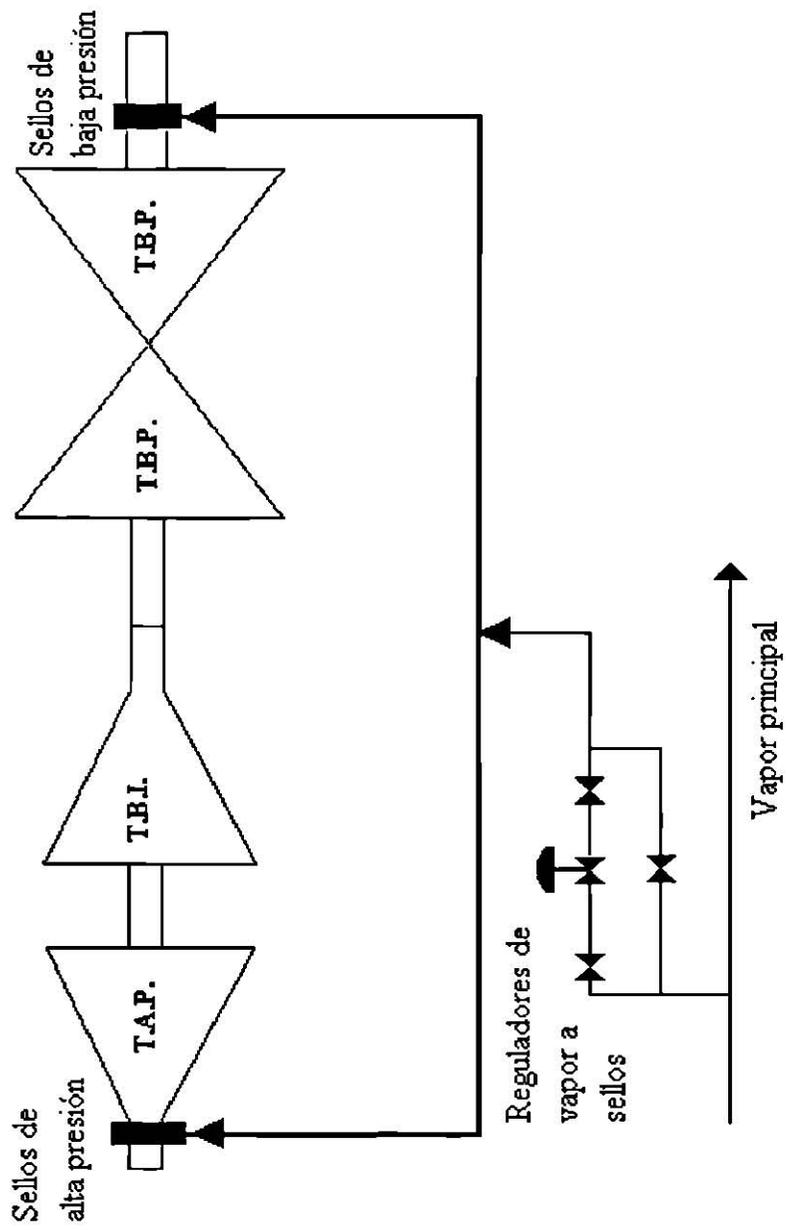


Fig. 4.5 Arreglo de Vapor a Sellos.

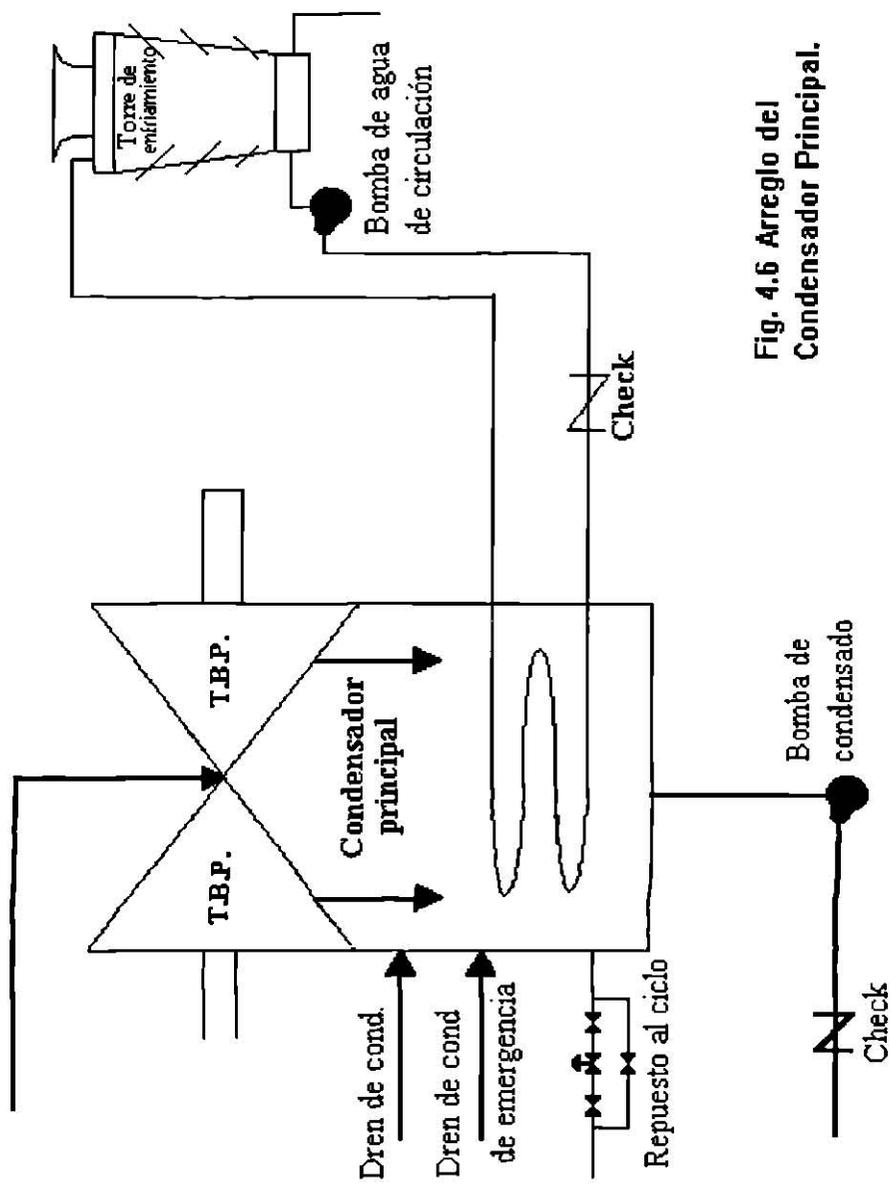


Fig. 4.6 Arreglo del Condensador Principal.

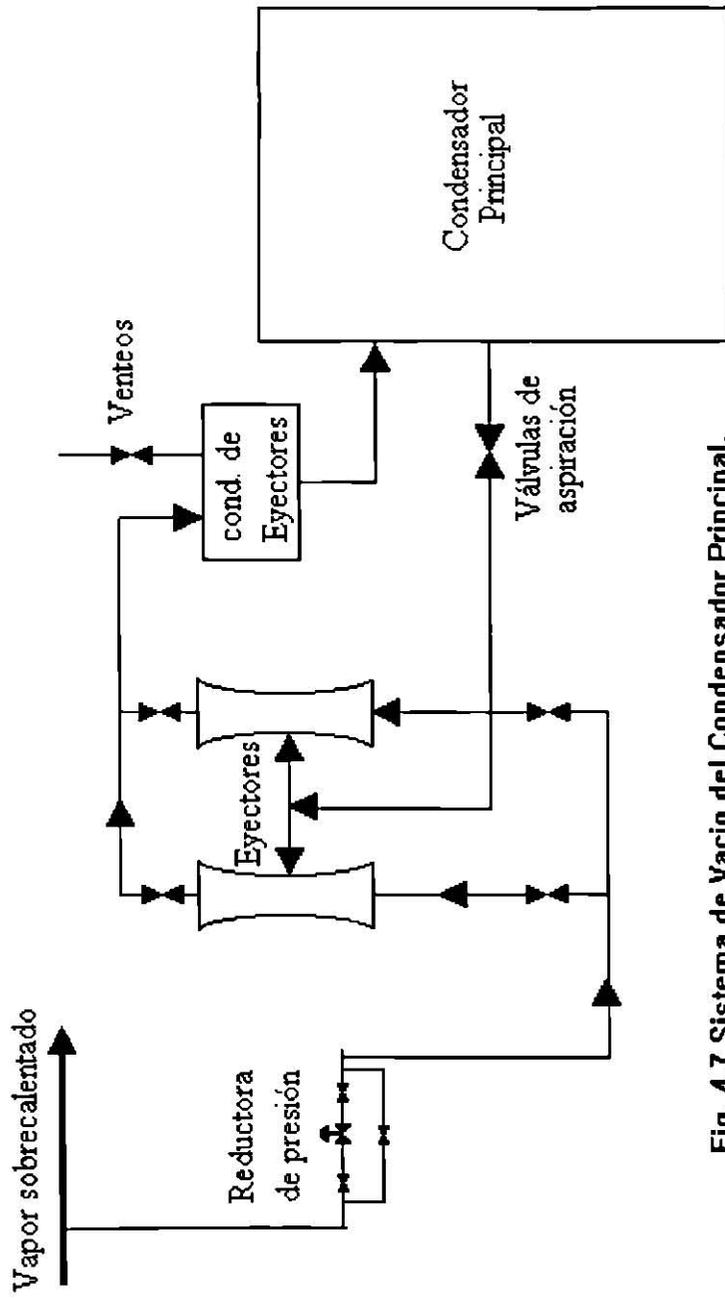
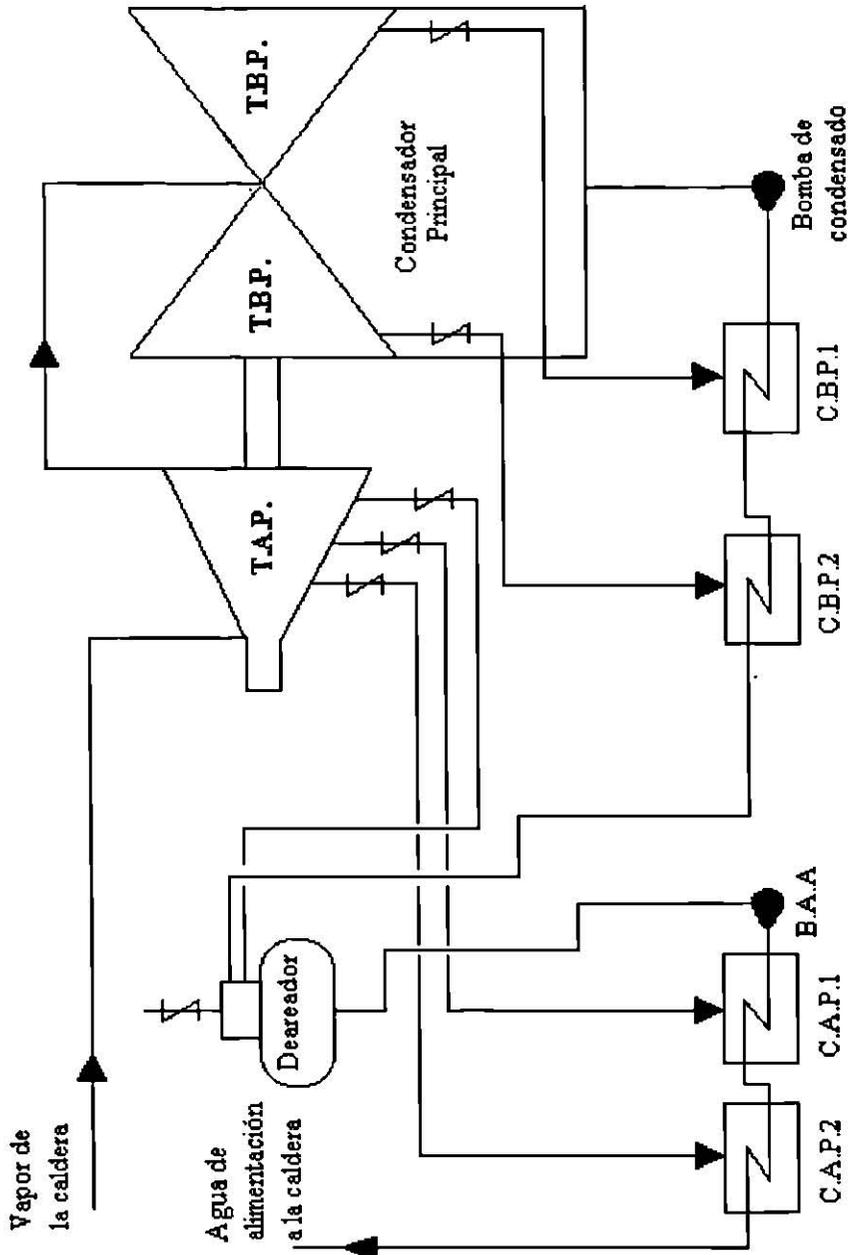


Fig. 4.7 Sistema de Vacío del Condensador Principal.

Fig. 4.8 Extracciones de Vapor.



5. GENERADOR DE C.A. (ALTERNADOR)

a) Descripción de un generador de C.A.

Un alternador es un mecanismo diseñado para generar un flujo de electrones a un voltaje nominal. Fig.5.1

Un generador de C.A. esta compuesto principalmente por un rotor y un estator, su funcionamiento es bajo el principio de electromagnetismo; el rotor es alimentado de C.D. a través de unos anillos colectores formando un electroimán que a su vez crea un campo magnético que atraviesa las bobinas del estator creando una fuerza electromotriz.

Los generadores de C.A. utilizados en centrales termoeléctricas comúnmente generan de 13,800 a 20,000 Volts posteriormente este voltaje es elevado por medio de un transformador de potencia para llevarla a los centros de consumo en donde ese voltaje es disminuido mediante otro transformador.

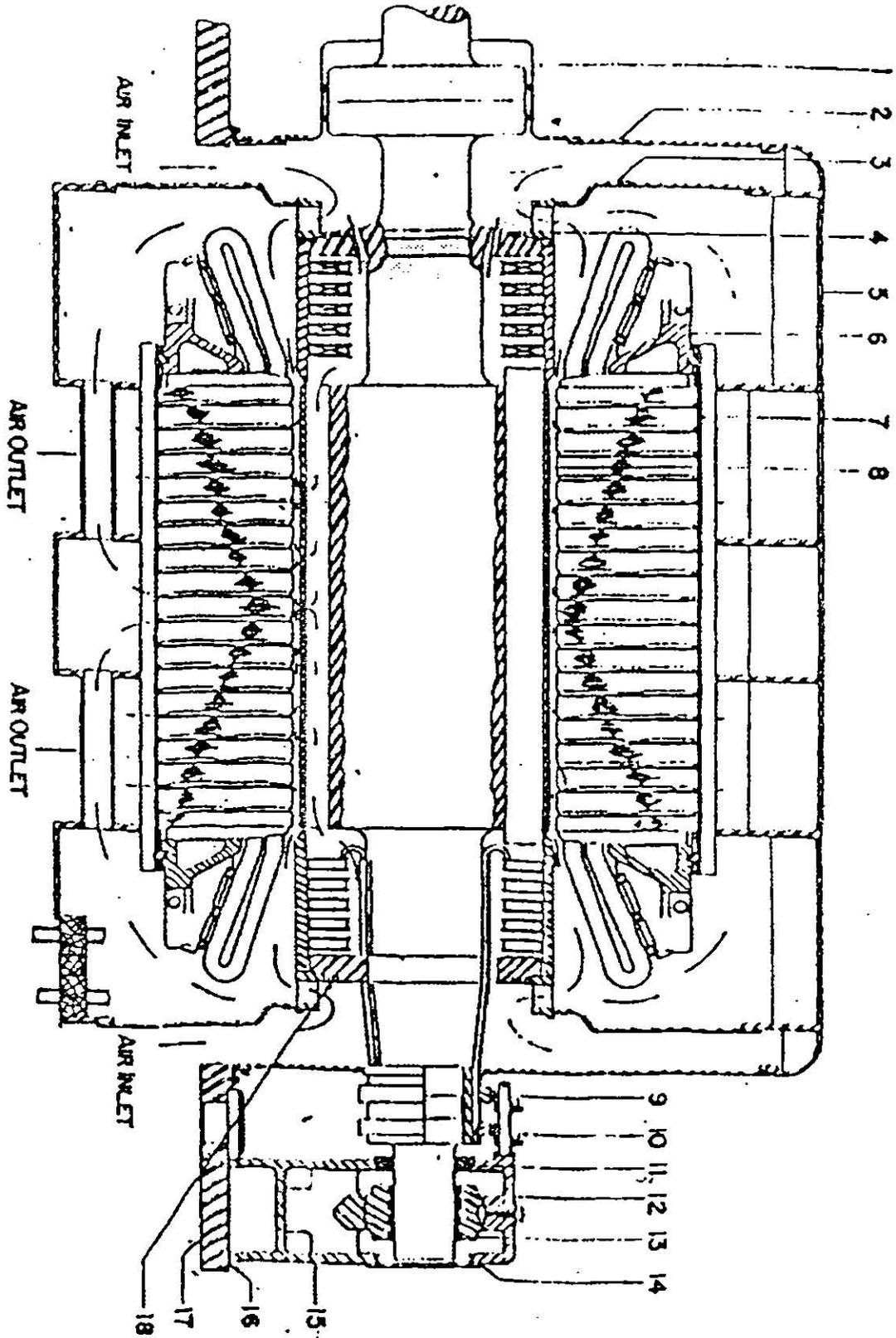
La corriente directa que se le proporciona al generador es producida por un mecanismo motriz llamado excitatriz acoplado directamente a la flecha del turbogenerador o bien por una excitatriz estática que consiste en un grupo de rectificadores alimentados por un transformador de excitación de C.A.

El estator de los generadores de C.A. sufre un calentamiento al paso de los electrones, por tal motivo es necesario remover dicho calor, los primeros generadores se enfriaban con aire y últimamente se enfrían con hidrogeno por ser este 7 veces mas conductor térmico que el aire; el problema que se tiene es el manejo de hidrogeno, debido a su alta explosividad, para esto se tienen sistemas de sellado en donde se trabajará dicho gas (el generador).

Partes del generador

1. Guarda de acoplamiento
2. Carcaza exterior de aire de enfriamiento
3. Carcaza interior de aire de enfriamiento
4. Ventilador
5. Cubierta del estator
6. Borde del estator
7. Laminaciones del estator
8. Montaje del estator
9. Montaje del rotor
10. Anillos colectores de corriente
11. Anillos de escobillas o portacarbonos
12. Guía de aceite
13. Revestimiento de metal babbit
14. Cubierta
15. Base o pedestal
16. Aislamiento
17. Asiento de placa de acero
18. Anillo de balanceo

Fig. 5.1 Generador de C.A.



b) Sistemas de enfriamiento de un generador de C. A.

Como se dijo anteriormente los primeros generadores se enfriaban por medio de aire, posteriormente cuando fue aumentando la capacidad de los mismos se empezó a utilizar el hidrogeno como medio de enfriamiento.

El hidrogeno se suministra a la planta por medio de cilindros con una presión aproximada de 120 Kg/cm^2 , dicho cilindro es conectado por medio de un cabezal y de una estación de reductores que nos da la presión requerida (de 2 a 3 kg/cm^2) en el interior del generador.

En un inicio, cuando se va a poner en servicio a un generador, el interior del mismo esta con un volumen determinado de aire, por lo que es necesaria barrerlo con bióxido de carbono y posteriormente suministrarle el hidrogeno para evitar que se mezcle con aire, ya que una mezcla de un 25% de aire con un 75% de hidrogeno se vuelve explosiva, para tal efecto se cuenta con un equipo de medición de pureza de hidrogeno.

Como el hidrogeno se calienta es necesario enfriarlo utilizando unos intercambiadores de calor por donde se hace pasar agua procedente de una torre de enfriamiento.

c) Sistema de excitación del generador de C.A.

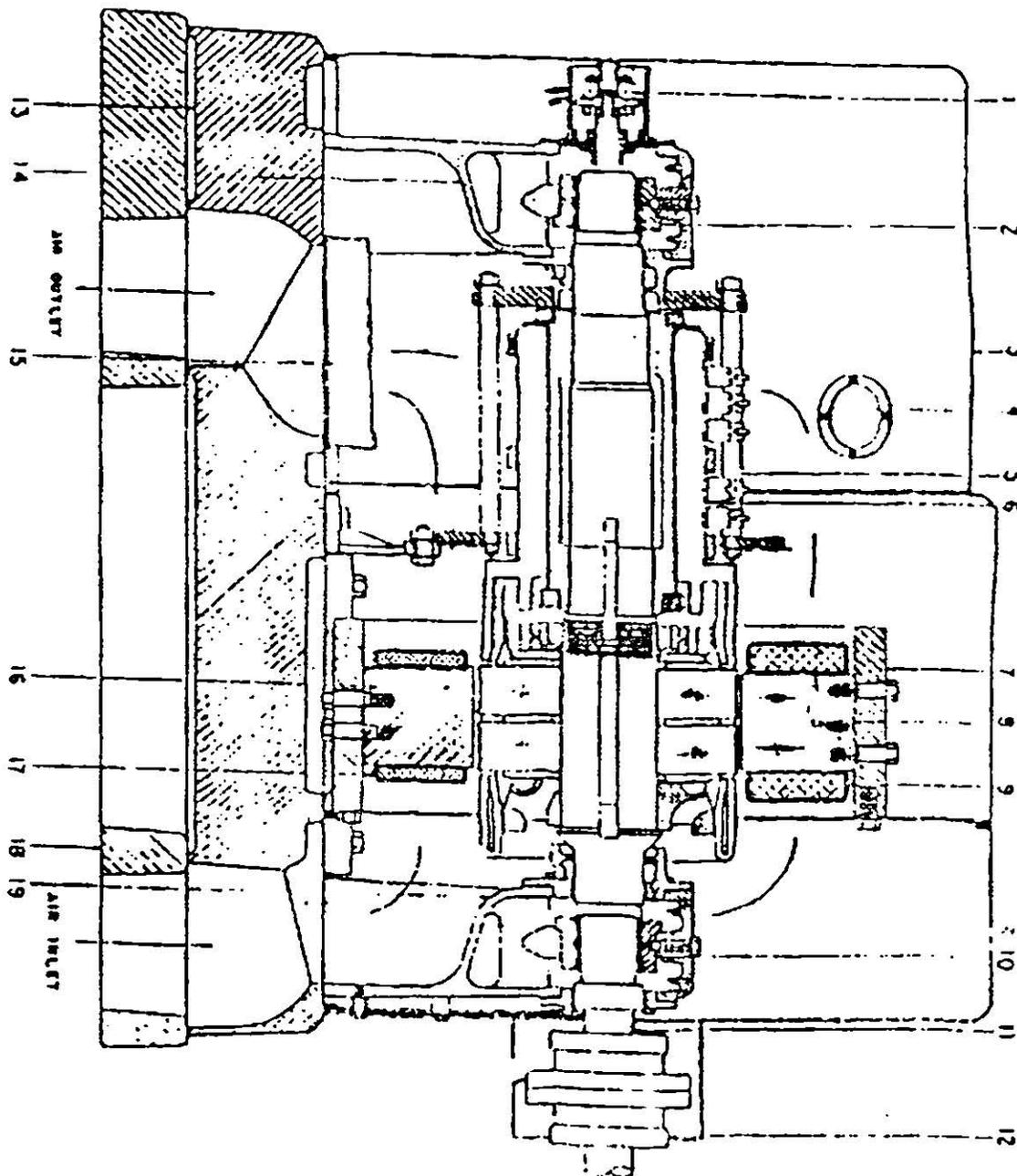
Este sistema se encarga de suministrarle corriente directa al generador para generar el campo magnético que se requiere para el movimiento del rotor. Fig 5.2 .

Algunos turbogeneradores llevan en su extremo acoplado un generador de C.D. llamado excitatriz que trabaja bajo el principio de imán permanente que al estar girando el rotor produce un flujo de corriente el cual llega a los anillos colectores del alternador.

Partes de la excitatriz

1. Tacometro
2. Chumacera lado del conmutador
3. Carcaza interior de aire de enfriamiento
4. Cubierta de la excitatriz
5. Anillos de escobillas o porta-carbones
6. Conmutador
7. Estructura magnética
8. Parte principal del polo
9. Bobina principal del campo
10. Chumacera del lado del coplee
11. Flecha y armadura completa
12. Acoplamiento flexible hacia el generador
13. Base
14. Pedestal de chumacera y conmutador
15. Filtro
16. Parte del polo del conmutador
17. Bobina del campo del conmutador
18. Asiento de placa de acero
19. Pedestal de chumacera y coplee

Fig. 5 2 Excitatriz de un generador de C.A.



d) Protección del generador de C.A.

El equipo turbina-generador-excitatriz, cuenta con diversos dispositivos de protección, los cuales solo sacan de la línea a la maquina o la bota completamente así como también cuenta con diversas alarmas para los equipos auxiliares. Entre los dispositivos con que cuenta estas maquinas están los relevadores de protección y los reactores así como las manijas y los dispositivos de emergencia que se operan manualmente. A continuación se mencionan los dispositivos y su ubicación en la figura 5.3 .

1. Reactor

Estos reactores son reactancias limitadoras de protección de corriente por fase, de núcleo de aire para circuitos de 13.8 Kv., son bobinas en serie, el cual uno de sus extremos esta conectado a tierra y el otro al neutro de la conexión estrella de los generadores (donde se conectan los tres sistemas de los devanados) sirven para proteger a los generadores contra cortos circuitos impidiendo que estos se dañen, ya oye cuando ocurre este problema, la corriente de corto circuito a tierra que pasa del reactor al generador será limitada a un valor mínimo, para que funcionen los relevadores de función a tierra.

2. Relevador diferencial del tipo CA

Estos relevadores tienen una sensibilidad del 10% operan además del disparo del interruptor principal, el disparo del interruptor de excitación y el disparo de la válvula principal de vapor y de la turbina.

3. Relevador de sobrecorriente tipo COV

Estos relevadores están conectados para operar únicamente el disparo del interruptor principal del generador.

4. Disparo de emergencia por sobre velocidad

Este disparo funciona independientemente del regulador de velocidad y esta localizado en el extremo de la flecha, en el lado de alta presión, este disparo sirve para cerrar la admisión de vapor a la turbina cuando esta por alguna razón llegue a una velocidad que sobrepase la velocidad normal (3600 RPM) en un 10% esto es 3960 RPM; este disparo opera mecánicamente cerrando completamente la válvula principal de vapor.

5. Manija de disparo en el banco de auxiliares

Esta manija cierra la válvula principal de vapor a la turbina y esta dispara al interruptor del generador.

6. Disparo de emergencia

Ubicado en la cabeza de la turbina trabaja de la misma manera que la anterior y es operado manualmente.

7. Manija en el tablero de la maquina

Esta manija saca fuera de la línea al turbogenerador sin botar la turbina.

6. SISTEMAS DE COMBUSTIBLE A BASE DE CARBÓN Y SUBESTACION ELÉCTRICA

a) Sistema de combustible de carbón mineral

Actualmente Comisión Federal de Electricidad tiene instalado dos centrales termoeléctricas a base de carbón cuyo procedimiento es el siguiente:

El carbón utilizado es del tipo no coquizable que provienen de unas minas cercanas a la ciudad de Piedras Negras, Coahuila.

El carbón es transportado por medio de bandas desde la mina hasta la central, donde se tiene una torre de recepción y a partir de ahí por medio de otras bandas transportadas se llevan a unos molinos trituradores donde se fraccionan los pedazos de carbón pasando de ahí a unos hilos donde se suministra el carbón por medio de unos alimentadores gravimetricos a los pulverizadores que convierten el carbón en polvo fino el cual es arrastrado por aire hacia el centro de la caldera.

Cabe mencionar que el carbón utilizado en las instalaciones un 50% de carbón y un alto porcentaje de cenizas (40%), lo que hace la operación más complicada por los problemas ocasionados por la ceniza.

La ceniza es transportada a unos patios de almacenamiento donde es compactada.

Existen dos tipos de cenizas, la pesada que cae por si misma al fondo de la caldera y la ligera que se va con los gases de la combustión por tal motivo se tiene instalado un filtro electrostático de la descarga de los gases y con ella se retiene gran cantidad de ceniza que de lo contrario provocaría erosión en el ventilador del tiro inducido y contaminación ambiental al calor por la chimenea.

b) Subestación eléctrica

La subestación es un conjunto de dispositivos eléctricos que se encargan de recibir la electricidad generada para posteriormente elevar o reducir su voltaje, así como dispositivos que interrumpen la energía en caso de ser necesario como son los interruptores, cuchillas, relevadores de protección, etc. y conectarlas con las líneas de transmisión que serán las encargadas de llevar la electricidad hacia los centros de consumo.

7. SUMINISTRO DE AGUA A LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA

a) Sistema de agua de alimentación a las calderas

El agua es algunos de los elementos más importantes para la producción de vapor y electricidad por está razón debe tenerse cuidado en el diseño de la central, su construcción y su operación. Entre los usos más destacados del agua en una planta son: enfriamiento al condensador, repuesto al generador de vapor, enfriamiento de chumaceras, sistema contra incendio, enfriamiento de aceite, hidrógeno o aire al generador, etc.

Procedencia del agua:

Dependiendo de la localización de la planta y los suministros disponibles, el agua procede de pozos profundos, aguas de ríos, lagos o de mar.

Por lo general el agua suministrada a las calderas procede de pozos profundos, y en las grandes ciudades, se utilizan para el enfriamiento de los equipos las aguas negras tratadas procedentes de las descargas de las industrias, talleres, hogares y hospitales. A dicha agua se le quitan los sólidos en concentración y se les normaliza su acidez o alcalinidad, se almacenan en algunos tanques de gran capacidad para de ahí suministrar repuesto a torres de enfriamiento Fig. 7.1 y 7.2.

En sistemas de aguas de alimentación es el encargado de mantener el nivel correcto de operación del agua en la caldera, para tal efecto la bomba de agua de alimentación succiona el fluido del deareador el cual es un intercambiador de contacto donde el agua es calentada por medio de vapor de la caldera o bien vapor de una extracción de la turbina.

El deareador cumple con dos funciones, sirve como calentador de agua y ala vez expulsa los gases que pueden dañar las tuberías del sistema.

Continuando con el sistema, la bomba descarga el agua haciéndola pasar por una reguladora de flujo de agua de alimentación y por unos calentadores que aprovechan el vapor de las extracciones de la turbina, posteriormente el flujo de agua se dirige al domo de las calderas y puede ser regulado con la válvula anterior o bien algunas bombas tiene integrado un variador de velocidad el cual permite variar el flujo del agua.

En el domo superior de la caldera se tiene un indicador y un controlador de nivel que manda la señal a la válvula reguladora para que permita el flujo requerido en el generador de vapor, por lo general el sistema cuenta con dos bombas, una en operación y la otra en automático para que entre en servicio en caso de ser necesario. En la Fig. 7.3 se muestra el sistema de agua de alimentación utilizado en la mayoría de las centrales termoeléctricas.

b) Sistema de agua de enfriamiento (circulación)

para obtener un enfriamiento en todo el equipo que tiende a calentarse se hace uso del sistema de agua de enfriamiento el cual consta principalmente de torres de enfriamiento, bombas de circulación, intercambiadores de calor para el aire o hidrógeno del generador, para el aceite, para las chumaceras, etc. Fig.7.4

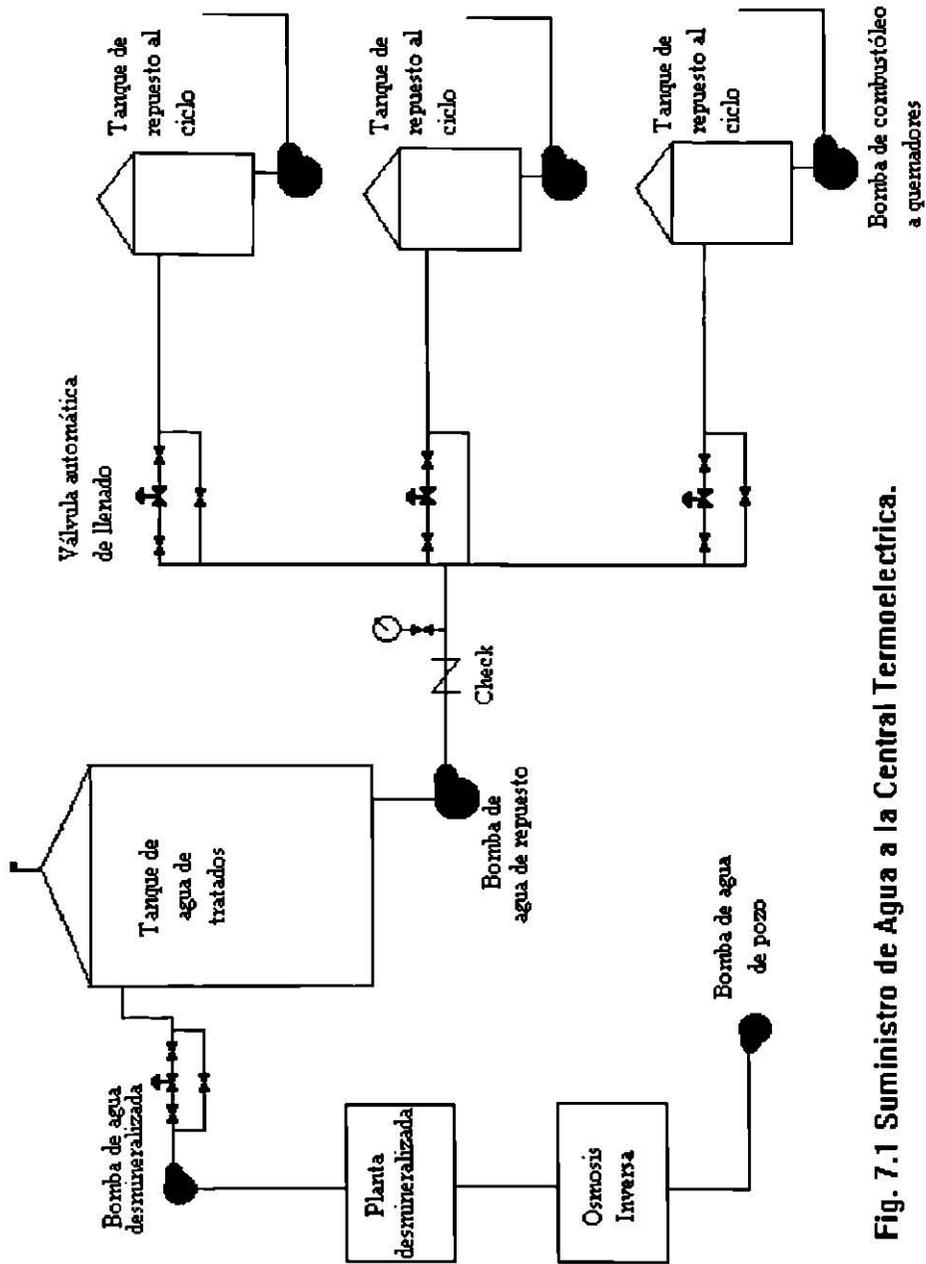


Fig. 7.1 Suministro de Agua a la Central Termoelectrica.

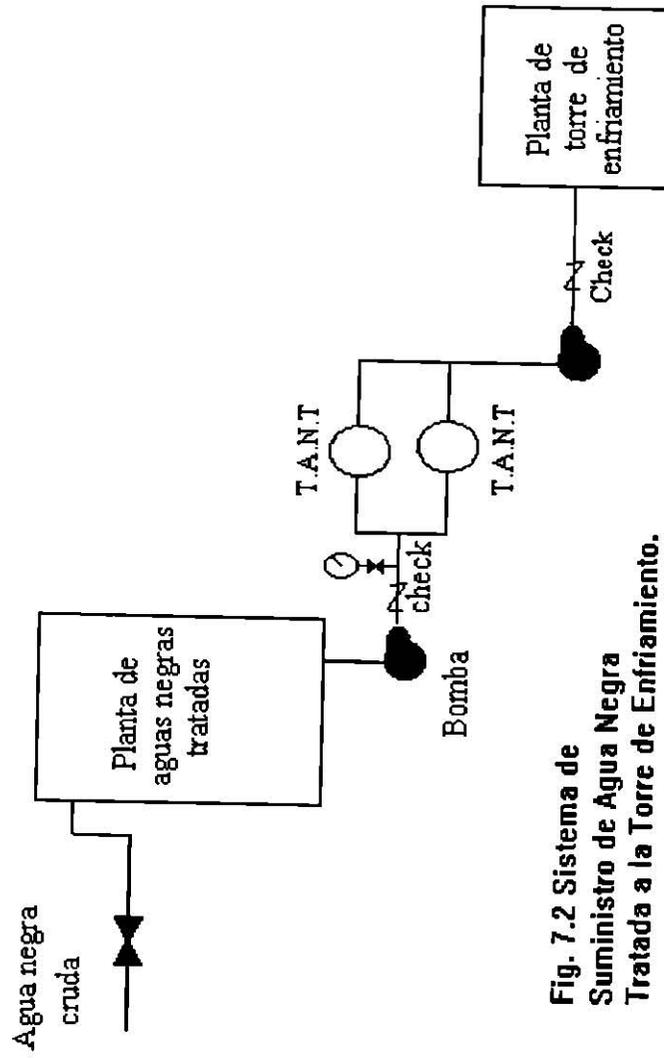


Fig. 7.2 Sistema de Suministro de Agua Negra Tratada a la Torre de Enfriamiento.

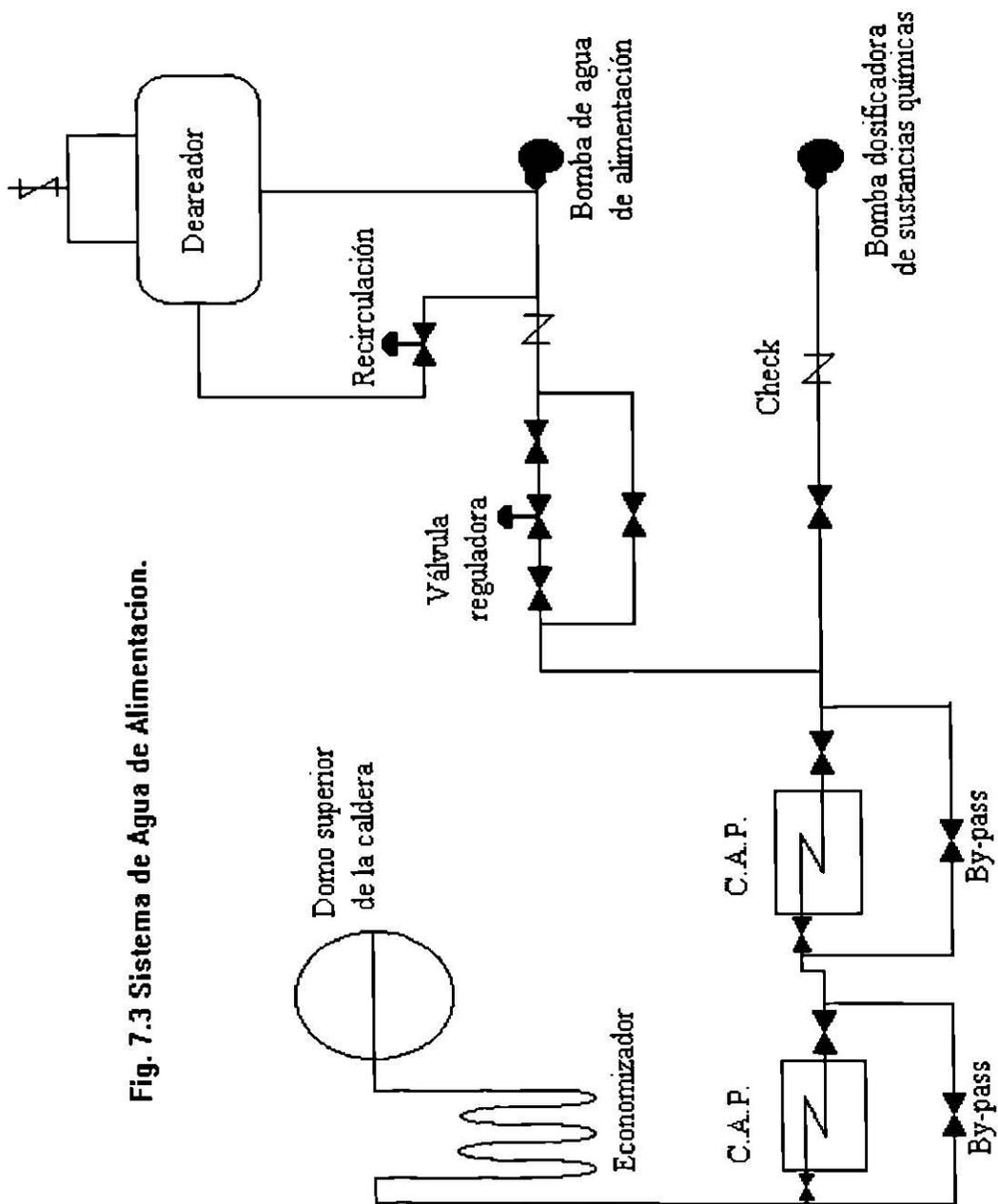
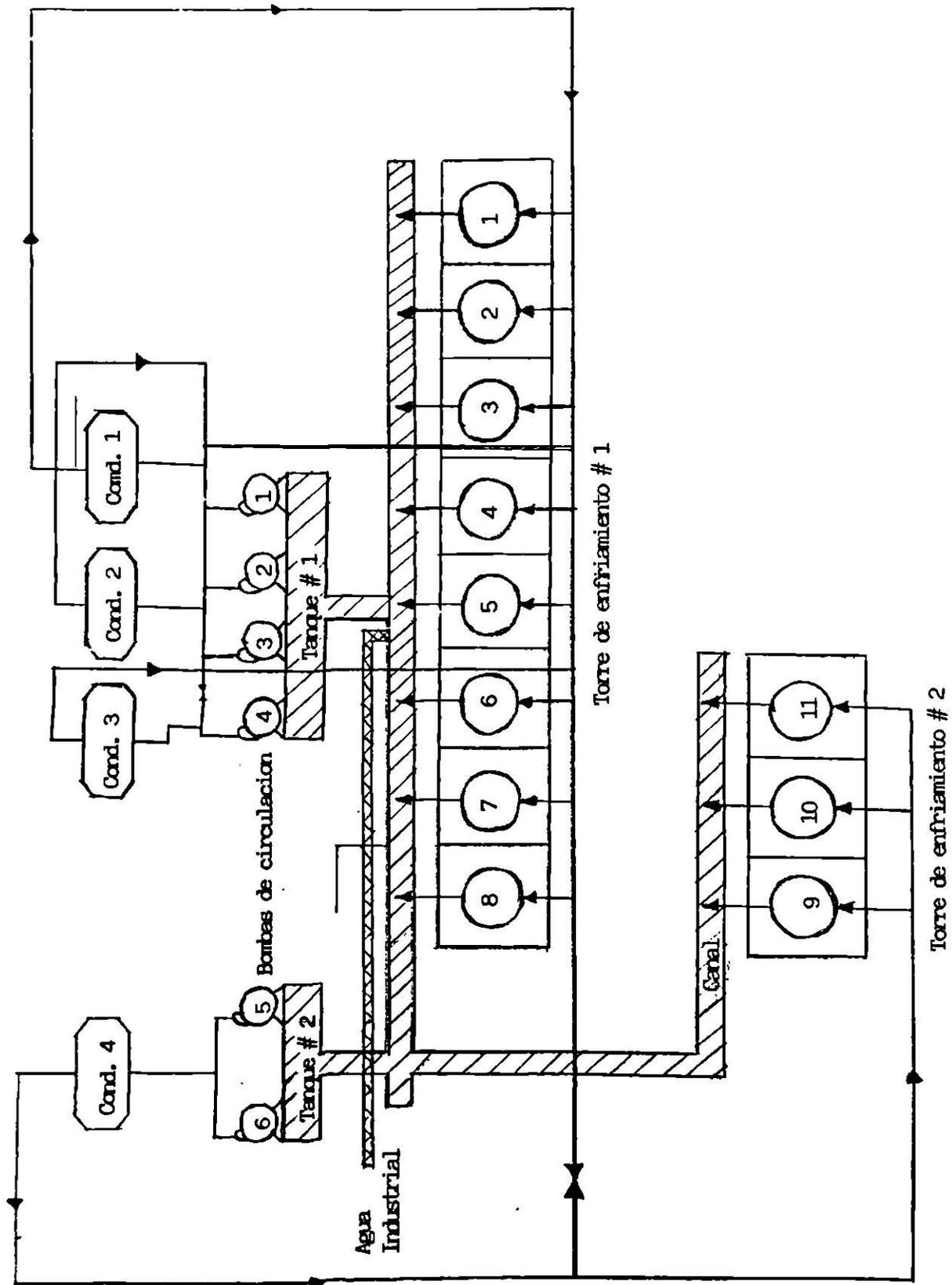


Fig. 7.3 Sistema de Agua de Alimentación.

Fig. 7.4 Diagrama de agua de enfriamiento



8. OPERACIÓN DE UNA CENTRAL TERMOELÉCTRICA

a) Parámetros operativos importantes de la caldera

1. Condiciones de vapor

Temperatura del sobrecalentador $395^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
Presión del cabezal 37.5 Kg/cm^2 a carga máxima

Si la temperatura es muy elevada los alabes de las turbinas pueden agrietarse ya que estos están diseñados para soportar hasta un límite de temperatura.

Si la temperatura es muy baja, los alabes de las turbinas y sobretodo los últimos pasos pueden sufrir una severa erosión ocasionada por el choque con partículas de humedad llevadas por el vapor saturado.

2. Temperatura de gases

$202^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ a la salida del Precalentador

$290^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ a la entrada del Precalentador si la temperatura de los gases a la salida es mayor a 212°C esto significa que el intercambiador de calor en el sobrecalentador a sido deficiente, por lo que la temperatura del vapor sobrecalentado debe estar baja o hay algunas mamparas caídas.

Si la temperatura de los gases es menor a 192°C esto se puede deber a la existencia de tubos rotos en el Precalentador y a la mezcla de aire fresco con los gases calientes.

3. Combustión (por ciento de exceso de O_2)

Trabajando con combustóleo el rango, fluctúa entre 4 a 7 %

Trabajando con gas, el rango fluctúa entre 2 a un 6.9%

Si el exceso de O_2 es mayor que el límite máximo esto puede ocasionar que se alargue la flama y se apague el quemador por la falta de detección.

Si el exceso de aire es menor que el límite esto puede ocasionar una mala combustión, produciendo humo negro con combustóleo y humo negro con gas ocasionando una ineficiencia de la caldera.

4. Flujo de vapor a carga máxima

59 ton/hr

La carga de la caldera será regulada por la demanda de vapor con el sistema en automático.
Cualquier desviación de la generación nominal deberá ser reportada por ser una situación anormal.

5. Temperatura de agua de alimentación

110 °C a 112 °C

El agua de alimentación entra caliente ya que carece de economizador, y su función la suple el suavizador, pues su proceso se verifica en caliente.

Si la temperatura es mas alta del limite mayor, existe el riesgo de dañar las bombas de alimentación que tiene como valor máximo de temperatura 115 °C.

6. Presión del combustible a quemadores

Con gas 0.5 Kg/cm² a máxima carga y a 0.15 Kg/cm² a mínima carga

Con combustóleo 5 Kg/cm² a máxima carga.

Si la presión es mayor es muy probable que exista alguno o varios quemadores tapados, o bien la presión de vapor de atomización es alta.

7. Presión en línea general de combustóleo

16 Kg/cm² ± 0.4 Kg/cm²

Es importante mantener esta presión para tener un suministro constante de combustóleo a las calderas.

8. Presión de vapor domo

37.5 Kg/cm² ± 0.5 a carga máxima.

Es necesario tener una presión para controlar la presión del cabezal y además de que existan tres válvulas de seguridad calibradas en forma escalonada a diferentes presiones.

9. Presión de tiro forzado (Descarga)

120 a 140 mmHg a carga máxima.

cuando la presión del tiro forzado es alta esto puede significar que la compuerta de los quemadores están muy cerradas.

Cuando la presión del tiro forzado es baja esto puede significar que las compuertas de los quemadores están muy abiertas.

10. Presión del tiro inducido (Succión)

De -125 a -145 mmHg a carga máxima

La presión de tiro inducido dependerá de la carga de la caldera.

11. Presión de la caja de aire

90 a 110 mmHg a carga máxima

Si la presión es baja y la de tiro forzado es normal puede existir tubos rotos en el Precalentador de aire y se puede presurizar el hogar.

12. Presión a la salida de la caldera (antes del precalentador de aire)

De -45 a -65 mmHg a carga máxima

Si la presión es mas positiva puede ser debido a alguna rotura de tubos

13. Temperatura de combustoleo a quemadores

De 108 °C a 114 °C

Dependiendo del grado de viscosidad del combustoleo se ajustara a su temperatura.

Si la temperatura es muy alta puede haber carbonización en los quemadores y si la temperatura es muy baja puede ser combustible no quemado.

14. Presión de agua de alimentación al cabezal de descarga

De 47 a 53 Kg/cm²

Cuando la presión baja es necesario encender una bomba más para restablecerla

15. Presión de aire a servo-motores

a 40 lbs/pulg²

Si la presión varia, se debe ajustar el regulador a la presión deseada, para no entorpecer el control de la caldera.

16. Presión en la línea general de gas

De 6.5 a 8.0 Kg/cm²

Esta línea posteriormente pasa a dos estaciones reductoras en paralelo y dependiendo del consumo se pone en servicio uno o los dos a la vez, bajando la presión hasta 2.4 Kg/cm² .

17. Temperatura de aire a quemadores (caja de aire)

A $200\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20\%$

Esta temperatura esta en función directa de la temperatura de los gases en el precalentador de aire

18. Voltaje del equipo de control

24 VCD

110VCD

Se tienen respaldo en caso de variación de voltaje. Las LSD 11 y LSD 13 (controladores) reciben alimentación de 24 VCD a través de un banco de baterías y de un rectificador.

Estas unidades también son alimentadas por un voltaje de 110 VCA a través de la UPS.

19. Vapor de atomización

Trabaja a una temperatura que oscila entre 195 a $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ (tomada de la línea de 24 Kg/cm^2 de CCSA), y con una presión de 20 Kg/cm^2 ; se debe considerar el diferencial de presión del combustoleo y del vapor de atomización. La válvula check varia el diferencial de presión entre 1 y 2 Kg/cm^2 dependiendo de la carga a la que se trabaje, si este diferencial llega a bajo de 1 Kg/cm^2 la caldera se dispara por bajo diferencial de presión entre el vapor de atomización de combustoleo.

20. Consumo unitario de combustible

El consumo unitario de combustible establece su porcentaje, mediante pruebas de combustión realizadas a las calderas con anterioridad, para conocer cuales son las condiciones optimas de operación y con bajo consumo de combustible posible.

El rango ideal del proceso seria posible en la relación del flujo de combustible por vapor generado.

El calculo se obtiene con resultados diarios del consumo de combustible y el vapor del combustible y el vapor generado.

21. Presión en el hogar

De $-7\text{ mmHg} \pm 1\%$

Es necesario mantener una presión negativa en el hogar de la caldera, para evitar que el hogar se presurice y coaccione daño en el refractario por abombamiento. Así como también que el hogar sea muy negativa su presión y con esto se alarguen sus flamas y se apaguen los quemadores.

22. Purgas de fondo

Evita la concentración excesiva de sólidos en forma de lodos dentro de la caldera que coacciona obstrucciones dentro de las tuberías, que impedirían la operación de las válvulas de purgas de fondo y control de nivel en caso de emergencias.

En la parte norte y sur del tambor inferior existen dos válvulas en cada una de las dos líneas que salen de este; llamadas primera y segunda válvula según el flujo de los lodos.

b) Parámetros operativos importantes del turbogenerador

1. Vibración

Limites de la vibración menor a 0.3 plg/seg.

Se toma la lectura de la vibración con un captador de vibraciones, se deberá tomar lecturas cada semana al sobrepasar este valor se debe reportar esta anomalía.

2. Consumo unitario de vapor

Estándar: 1 MW por 5 ton de vapor

La relación ideal de los megawatts generados por el vapor utilizado sería de 1 a 5 respectivamente.

3. Temperatura del aire del generador

Temperatura máxima del aire del generador: 118.4 °F (48 °C)

Temperatura de operación del aire del generador: 104 °F (40 °C)

4. Temperatura de aceite en chumaceras

Rango de temperaturas a la salida de las chumaceras 140 - 167 °F (60 - 75 °C)

5. Presión de aceite a chumaceras

Rango de operación: 0.8 Kg/cm²

6. Vacío en el condensador

La presión de vacío en el condensador debe ser: 650 mmHg +/- 20

7. Tipo de aceites a chumaceras

Aceite mineral con viscosidad Saybolt 215 SUS a 100 °F

8. Presión a vapor de sellos

la presión debe ser 0.2 Kg/cm² (2.73 lbs/pl²)

9. Presión de vapor a la entrada de la turbina

La presión de vapor debe ser: 3.6 Kg/cm²

10. Temperatura de vapor a la entrada de la turbina

La temperatura debe de ser. 395 °C +/- 5 ° (750 °F)

11. Presión de vapor en el primer estado

La presión del vapor deberá de ser: 20 +/- 3 Kg/cm²

12. Presión de la bomba principal de aceite

La presión debe de ser: $4 \pm 0.1 \text{ Kg/cm}^2$

13. Temperatura de aceite a la salida del enfriador

Temperatura: $55 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$

14. Temperatura de agua de circulación al condensador

Entrada: $30 \text{ }^\circ\text{C}$

Salida: $36 \text{ }^\circ\text{C}$

15. Temperatura en el desfogue

La temperatura de desfogue esta en función del vacío que tenga la maquina, con un muy buen vacío la temperatura disminuye, pero con un vacío deficiente la temperatura tiende a aumentar.

16. Velocidad de la maquina: 3600 RPM

17. Voltaje generado: 13. 8 volts

18. Potencia entregada al generador: $6 \pm 2 \text{ MW}$

19. Factor de potencia: 0.85 ± 0.5

20. Amperaje máximo del generador: 390 Amp.

21 Voltaje de C:D: de la exitatriz: $110 \pm 10 \text{ volts}$

22. Amperaje de la excitatriz: $230 \pm 20 \text{ Amps.}$

c) Llenado de una caldera y prueba hidrostática

El llenado de una caldera se puede efectuar con dos fines: primero para realizar una prueba hidrostática y segundo simplemente para encender una caldera que estuvo sujeta a mantenimiento general y que se desea encender.

La revisiones precisas al llenado comprenden todos aquellos puntos importantes que deben atenderse antes de efectuar algún movimiento que tienda a introducir agua al interior de la caldera.

Los registros y puertas de inspección con que cuenta el hogar, deberán cerrarse excepto aquellos que sean necesarios para detectar probables fugas de agua en el caso de que posteriormente al llenado se tenga que efectuar una prueba hidrostática.

Además deberá permanecer abierto un registro que permite el acceso de una persona al hogar.

El agua que se utiliza para el llenado es precisamente el agua de alimentación al resto de la caldera. Antes de empezar a introducir agua a la cadera deberá estar en operación el medidor de flujo de agua de alimentación.

Si durante la inspección se encuentra que no esta en servicio, deberá de solicitarse al departamento de automatización y control que proceda a ponerlo en servicio.es necesario tomar lecturas del integrador correspondiente:

*Antes de iniciar el llenado

*Cuando el agua alcance el centro del cristal del tambor superior

*Cuando la caldera quede completamente llena

En la operación de llenado deberán de cerrarse las siguientes válvulas:

1. Purga del tambor inferior.
2. Cristales de nivel excepto el que se use para determinar cuando el agua alcance el nivel del tambor superior pero deberá cerrarse antes de elevar la presión, con el objeto de realizar la prueba hidrostática.
3. Purga de los cristales de nivel y de la columna de agua.
4. Válvula de guardia posterior a la automática de agua de alimentación.
5. By-pass chico de agua de alimentación.
6. By-pass grande de agua de alimentación.
7. Válvula de seguridad amordazada en caso que posteriormente el llenado se tenga que efectuar una prueba hidrostática.
8. El silbato deberá de quedar fuera de servicio y poner el tapón.
9. Válvula general de salida de vapor de caldera.
10. Válvula general de entrada de vapor de caldera al cabezal principal.
11. By-pass de calentamiento de la línea.

Válvulas que deberán abrirse en la operación de llenado:

1. Ventila del tambor superior.
2. Purga del cabezal de entrada del sobre calentador.
3. Purga del cabezal de salida del sobre calentador
4. Purga de línea de conducción de vapor de la caldera al cabezal principal.
5. Válvula principal del cabezal general de agua de alimentación.
6. Válvula de guardia anterior a la automática de agua de alimentación.
7. Topes de la válvula check de entra de agua de alimentación al tambor superior.
8. Línea de señal al manometro principal.

9. Línea de señal al manómetro del agua de alimentación.
10. Purga de la línea de vapor de llegada al cabezal.

Procedimiento para efectuar el llenado de una caldera.

1. Regulación del flujo necesario para el llenado:

Se introduce agua caliente a la caldera y su flujo que se recomienda para esta operación es de 8,000 a 10,000 kg/hr.

2. Se llena el sobrecalentador (para pruebas hidrostática):

Cuando esta lleno el tambor se cierra la ventila y la purga del cabezal de entrada al sobre calentador y se deja ligeramente abierta la purga del cabezal de salida para que puede expulsar el aire del sobre calentador.

Con este movimiento se queda la caldera llena y lista para la prueba hidrostática antes de elevar la presión, es necesario que los cristales de nivel estén fuera de servicio.

Procedimiento de la prueba Hidrostática.

1. Aumento gradual de presión:

La elevación de la presión se debe hacer de acuerdo con los departamentos de mantenimiento, automatización y control, se deberá realizar a una velocidad que permita una presión aproximada de 40 Kg/cm² indicado en el manómetro del domo.

En un periodo de tres a cinco minutos, durante el cual debe de existir una persona de mantenimiento observando la caldera, para detectar posibles fugas

2. Duración de la prueba:

Consiste en mantener presión de agua atrapada en el interior de la caldera por un tiempo determinado (aprox 5 min.) durante los cuales no se deberá tener un descenso de presión.

3. Purgado de las líneas de señal al equipo de medición:

Una vez realizada la prueba hidrostática se mantiene la presión para que el personal de automatización y control proceda a la purga, durante este purgado se debe conservar una presión de 20 Kg/cm² como mínimo.

4. Disminución de presión

Al terminar el purgado de las líneas se debe de reducir la presión de agua en la caldera abriendo la primera línea y luego la entrada de las purgas del sobrecalentador al llegar a 0 Kg/cm² se abrirá la purga del fondo.

5. Bajar el nivel de encendido

Cuando se abren las purgas de entradas y salidas del sobrecalentador se deberá bajar el nivel de agua utilizando la purga de fondo y se pondrá en servicio el nivel de agua el cual se fija de acuerdo con el fogonero en un punto aproximado de 2 pulgadas sobre la parte inferior del cristal, posteriormente se abrirá la ventila

6. Movimiento de válvulas.

Al concluirse la prueba hidrostática, se efectúan los siguientes movimientos:

- *Quitar mordazas a la primera válvula de seguridad
- *Colocar nuevamente el silbato en su lugar
- *Cerrar tapas y poner en servicio los cristales del nivel

d) Procedimiento general de arranque

Procedimiento de sincronización

El procedimiento para el arranque de una nueva planta puede variar, dependiendo del equipo instalado y de las plantas que están listas primeras. En general el suministro eléctrico o auxiliares y el sistema de agua de servicio deben ponerse en operación antes de cualquier auxiliar grande.

El sistema de aire comprimido o el sistema eléctrico para el control remoto de las compuertas de los tiros forzados u otros controles de la caldera que complementan a otros elementos mas importantes, deben trabajar también. La mayor parte de los auxiliares de la caldera se debe checar su rotación, el suministro y la preparación del sistema de combustible, así como el de alimentación de sustancias químicas a la caldera deben de estar listos y probados.

El secado de la caldera y limpieza, así como el ajuste de válvulas de seguridad y soplado de líneas de vapor, debe de ser usualmente el siguiente punto del programa; si se requiere de sistemas de manejo de cenizas, este deberá estar completo y en servicio, mientras estos pasos se llevan a cabo, deberá también revisarse el condensador sistemas de enfriamiento y auxiliares de la turbina.

Después de la limpieza y soplado, así como después de cargar el sistema de lubricación, puede arrancarse el turbogenerador para revisión de su balance, pruebas de sobre velocidad y secado del generador.

Las bombas de alimentación y calentadores pueden estar en operación parcial si es que no están totalmente en servicio, después de un secado satisfactorio del generador y previa revisión de los interruptores, circuitos eléctricos, ajuste de relevadores, revisión del generador y secuencia de rotación.

Durante este tiempo, todos los instrumentos y controles automáticos; alumbrado y sistemas de comunicación debe estar instalados y trabajando correctamente.

Sincronización y carga

Si todo está satisfactorio, el generador alcanzará su velocidad. La carga deberá ser la usual o sea aproximadamente un 10% de la capacidad e incrementarse gradualmente por un período de varios días, mientras los calentadores y otros auxiliares son puestos en servicio, uno a uno a su tiempo.

Después de que se alcanzado la mitad de la carga de la turbina, deberá sacarse fuera de servicio para la revisión de chumaceras de la turbina y llenar el generador con hidrógeno, corrigiendo cualquier dificultad que hubiera observado.

La planta será entonces arrancada otra vez, y gradualmente se llevará a plena carga. Después de algunos días de operar a su carga normal y de corregir la diferentes fallas que se observaron la planta deberá operarse a cargas exactas para refinamiento de operación y ajuste de sus protecciones de seguridad y para los pasos preliminares de cálculos de eficiencia, pudiendo ser el comienzo de las pruebas del equipo.

Chequeos preliminares

Es buena idea observar si está en perfecto buen estado el equipo, mediante chequeos preliminares de especificaciones, una vez en operación y si se encuentra operando dentro de los límites de sus especificaciones, debe usarse el amperaje de motores para ver que no se estén sobre cargando.

Las temperaturas y presiones de las líneas deben ser las especificadas a los valores operados.

Verificar el voltaje en el banco de baterías y el generador de emergencia esté en condiciones de poner en servicio, para asegurar de que por algún motivo falle la excitatriz del generador, así como verificar la existencia de corriente para los equipos de protección.

Nota:

Con la puesta en servicio de este sistema se mantiene presurizada la red de agua que sirve para el enfriamiento de algunos equipos como compresores, bombas de alimentación, y usos generales.

Se normaliza el sistema de agua de circulación, consiste en poner en servicio la bomba de agua, encargada de succionar el agua de la pileta de la torre de enfriamiento, y descargarla a través del condensador principal y tuberías de agua de enfriamiento.

Normalizar el sistema de enfriamiento derivado del sistema de agua de circulación a los enfriadores de aceite de lubricación, enfriadores de hidrogeno del generador de corriente C.A.(enfriadores de sellos del generador).

Se debe revisar el nivel del tanque principal de aceite, se revisan todas las bombas del sistema de lubricación y se ponen en servicio la auxiliar de C.A. observando el funcionamiento.

El motor del torna flecha es un mecanismo compuesto por un motor y un motor-engrane acoplado a la flecha del turbogenerador normalmente irá de 2 a 3 rpm. y esto se debe a ser como un requisito de trabajo mínimo de 24hr de operación antes de ponerla a trabajar el turbogenerador, para el cambio de algunas piezas hay que esperar a que se enfríe, si no se hace esto la fecha se pude flexionar.(se utiliza en el paro o arranque de la turbina).

Antes de encender la caldera deberá efectuarse el barrido de gases, el cual consiste en tener en servicio el ventilador de tiro forzado con un 40% de flujo de aire durante 5 minutos para desalojar los gases no deseados. se abre la válvula de corte de gas a pilotos y por medio de un solenoide se suministra gas al piloto en el

preciso momento que un transformador hace llegar un alto voltaje a la bujía provocando la ignición en el piloto.

La etapa de elevación de presión en una caldera es una de las fases de operación más importantes para la seguridad y vida del equipo.

Adicionalmente a lo anterior deberán efectuarse algunos movimientos que se menciona a continuación.

*La temperatura del agua al igual que la presión, debe tener un incremento gradual que está relacionado con la elevación de la presión. y cada 15 minutos en la tabla anexa corresponde a 75°F aproximadamente 24°C. También es necesario conservar la presión de gas en el quemador y tener un solo quemador en operación haciendo lo siguiente:

⇒ Alternar la operación de los quemadores inferiores en una forma que opere 30 minutos cada uno de ellos durante toda la fase de elevación de presión.

⇒ Cuando la presión llega a 2 Kg/cm², deberá cerrarse totalmente la ventila del tambor superior, así como la válvula de purga del cabezal de entrada del sobrecalentador.

Se debe efectuar un vacío en el condensador principal que consiste, una vez sellada con vapor la turbina se hace pasar vapor a alta presión de la línea principal a través de los eyectores de servicio y arranque al inicio solo por este último, regulando la presión por medio de una válvula reductora; al paso por una tobera en el eyector se adquiere gran velocidad arrastrando los gases no condensables del condensador adquiriéndose un vacío de 600 mmHg para que exista el movimiento de flujo.

Se inicia el rodado abriendo las válvulas de gobierno y girando la turbina durante 20 minutos en 500RPM. Si es arranque en frío se debe de llevar a la velocidad de sincronismo 3,600RPM. Durante todo el tiempo anterior de rodado se mantiene en servicio al auxiliar de C.A. Y llegando a las 3,200RPM. Queda la lubricación por medio de la bomba principal acoplada a la turbina. Una vez llegado a 3,600RPM. Se revisa todo el equipo para verificar que no existan anomalías y poder sincronizar la unidad, cerrando antes los drenes de la turbina.

e) Procedimiento general de paro

1. Bajar la carga paulatinamente e ir disminuyendo los parámetros de la caldera como son: temperatura de vapor, flujo de vapor a la turbina, flujo de combustible y aire para la combustión.
2. Se abre el interruptor principal del generador que consiste en alimentar la unidad de energía de la subestación.
3. Se dispara la turbina por cualquiera de sus protecciones que manden cerrar a la válvula principal de corte de vapor. Se abren los drenes del sobre calentador y se ponen en servicio la torna flecha..
4. Se rompe el vacío en el condensador principal.
5. Se ponen fuera de servicio las extracciones.
6. Se paga la caldera abatiendo su presión de acuerdo con la curva de disminución de presión.
7. El ventilador de tiro forzado se enciende 8 horas después de apagado la caldera para enfriar la misma en caso de que se le vaya a dar mantenimiento.

9. MANTENIMIENTO DE LA PLANTA

a) Grupo de mantenimiento

Los principales factores que determinan el número de hombres empleados en el mantenimiento son: el tipo de equipo instalado, tipo de combustible, facilidades del agua de circulación y localización con respecto a ciudades o pueblos en donde puedan encontrarse contratistas.

En donde existen varias plantas en un sistema, los hombres de mantenimiento pueden moverse de una planta a otra en las reparaciones mayores. En las plantas pequeñas, los operadores pueden hacer trabajos de reparación con la ayuda ocasional de especialistas de fuera.

A medida de que el grupo de mantenimiento crece, debe dividirse normalmente en eléctrico y mecánico, si alguno o ambos de estos son muy numerosos, deberá subdividirse en grupos por especialidades, pero evitando la excesiva especialización y entrenar al personal para que opere en varias ramas del trabajo satisfactoriamente.

También deberá existir un capataz por cada 7 o 10 hombres para una operación normal y correcta.

b) Facilidades de taller y herramientas

A medida que la planta es mayor, se requieren grandes áreas para talleres y herramientas más completas, hasta llegar a tener una serie de talleres. Estos talleres de preferencia, deben estar centralizados y agrupados para tener un acceso adecuado a la planta y a los almacenes.

En las plantas pequeñas, un banco de trabajo y un tornillo de banco completado con herramientas de mano, pueden ser suficientes.

Una planta de mediano tamaño, deberá tener el siguiente equipo en el taller: torno pequeño y torno mediano, taladro, esmeril, sierra mecánica, máquina de hacer cuerdas, prensa hidráulica, soldadura autógena y eléctrica, etc. Si la planta tiene posibilidad para mandar a hacer trabajos grandes a un taller comercial que pueda hacerlo, debe mandarse a hacer, ya que así es más económico que instalar maquinaria que rara vez se usa.

En las plantas grandes se debe tener un control de herramienta; el personal de mantenimiento tiene un block numerado de vales por medio del cual se cambian vales por herramienta y de no estar la herramienta en su sitio, por el vale se sabrá en poder de quién está.

El encargado de las herramientas, es el responsable de tener en condiciones de seguridad y operación la herramienta para reducir los accidentes por malas condiciones de ésta.

c) Materiales y partes para la reparación

Si la planta se encuentra cerca de una ciudad de cierta importancia en donde sea posible aprovisionarse de refacciones y materiales en cualquier tiempo es, generalmente, deseable tener reservas indispensables de partes esenciales del equipo, aunque sean partes usuales estándar, tales

como baleros, empaques, tornillos y tuercas que puedan ser obtenidos rápidamente en la localidad ; hay un gran número de partes que no son obtenibles fácilmente excepto de los fabricantes. El fabricante usualmente suministra una lista de las refacciones recomendadas para cada pieza del equipo al hacerse la compra, si estas partes se compran y se guardan esperando usarse en reposición de las partes que fallan ; por experiencia sabemos que teniendo refacciones a mano, se evitan problemas.

Después de que las refacciones se tienen a mano, es necesario mantenerlas en lugares donde no se deterioren y puedan localizarse, un inventario constante de todos los materiales disponibles, ayudará al personal de mantenimiento para conocer en que lugar se van poniendo las refacciones que se necesitan. Todas las refacciones se controlarán con tarjetas, en donde se anotará el número de orden y de unidades correspondientes al equipo, para que fácilmente se puedan manejar, identificar y almacenar. Debe evitarse la duplicidad de partes en el almacenamiento ; por ejemplo : baleros iguales de diferentes marcas, se cree que se tienen dos de cada uno cuando en realidad se tienen cuatro del mismo.

d) Revisión de fugas

En plantas bien operadas se practicará diariamente una inspección total para observar las fugas que hubiere, ya que éstas son el primer signo de averías, también indican desorden y son símbolo de desperdicio, siendo un peligro para el personal.

e) Reportes de averías

Los reportes de fugas, de equipo que opera incorrectamente, de una necesidad de reparación especial o de alguna inspección, se hacen mejor usando reportes de averías o tarjetas. El operador notifica la falla escribiendo brevemente la localización e historia de la avería. Los reportes de avería son recogidos diariamente y entregados al superintendente de planta o a su ayudante, quienes asignarán al supervisor de mantenimiento o mecánico que le corresponda. Los reportes de avería son hechos con copias una para el personal de mantenimiento y otra para el supervisor de mantenimiento el cual anota los nombres del personal asignado para la reparación, esto da una secuencia adecuada y ayuda a repartir el trabajo correctamente. Las notas que el mecánico que lleva a cargo el trabajo las entregará a su jefe de grupo cuando esté terminado. Los reportes de falla que se han terminado pueden mantenerse a mano como una referencia de la lista de revisión, o bien algunas veces son descartados tan pronto como se reporta que la reparación ha terminado.

f) Programa de mantenimiento preventivo

Previa rutina e inspección, deberá de hacerse de todas las partes de la planta y equipo que este sujeto a uso, desalineamiento, deterioro o falla en donde periódicamente se hagan pruebas y ajustes necesarios para un trabajo apropiado. Deben prepararse programas en donde se muestre cuando deberán de hacerse las inspecciones, esto puede hacerse mejor en un cuadro en donde se listen todas las partes del equipo. Si se usa una forma de diagrama los supervisores de operación pueden emplear la forma en que se hacen las inspecciones, cuando las inspecciones se completan, se revisan y se anotan en el diagrama. Si se emplea la forma tabular, se marca cuando se hace la inspección, reportándose los resultados de dichas inspecciones y anotándose abajo cada unidad particular. Otro

sistema es llevar un historial del equipo con las fechas y detalles de inspección de todos aquellos datos importantes que se deseen. Un apropiado programa de mantenimiento preventivo, evita innecesarias y frecuentes inspecciones que aseguren que cualquier falla que se localice al principio para que no pueda causar daños al equipo. La experiencia nos ha demostrado que los costos totales se reducen llevando un control y récords correctos, y la continuidad del servicio es correcta, usando el sistema de mantenimiento correctivo.

g) Mantenimiento regular

Los equipos modernos en las plantas de vapor son diseñados para trabajar continuamente sin parar, entre revisiones mayores.

El mejor tratamiento del agua juega un papel importante prolongando los periodos para la limpieza y reparación de los pozos. Las calderas se inspeccionan una o dos veces al año, así como la mayor parte auxiliar de calderas, con excepción de pulverizadores ventiladores, los cuales son instalados por duplicado y tienen periodos similares que los anotados.

Los turbogeneradores se inspeccionan después del primer año de operación, generalmente cada dos o cuatro años. El equipo auxiliar se inspeccionara anualmente durante la revisión de calderas o en cualquier momento que sea posible cuando se usa equipo auxiliar duplicado.

El equipo eléctrico que no esta sujeto a condiciones de suciedad severas, tales como los motores, tendrán similares periodos de revisión como los anteriores. Aunque sea imposible saber que reparaciones va a necesitar el turbogenerador antes de su inspección, esto debe planearse cuidadosamente, el desmantelamiento y ensamble de la maquina, debe hacerse lo más rápido posible.

La practica usual para el desarrollo del mantenimiento regular es el siguiente : se debe de tener a la mano diagramas de cada una de las partes del equipo a inspeccionar, si se tiene alambrado es necesario etiquetarse para evitar una falla por conexión defectuosa. Los tornillos y partes pequeñas deberán de guardarse separadamente en cajas evitándose posibles daños o extravíos. Cada parte que se quite deberá ser cuidadosamente inspeccionada y debe de anotarse el estado en que se encuentra (Se puede utilizar fotografías o esquemas para mostrar las condiciones de estas, en caso de dificultad de la descripción).

Después de inspeccionarse es necesario de una limpieza, y si se requiere pintar las piezas también debe de hacerse antes de volver a armar el equipo. Ya una vez terminado se debe de hacer nuevamente una inspección del equipo que se reparó observándose de que tenga un buen funcionamiento.

Las partes dañadas (si las hubiese) se deben de mandar a hacer pruebas para determinar que fue lo que originó que se presentara su falla y ver si se puede evitar nuevamente esto.

En algunos casos es necesario tener personal de gobierno o de compañías aseguradoras cuando se hace inspección o reparación de equipo, para evaluar o respaldar el trabajo que se realizó.

Los instrumentos y controles que se hayan revisado, deben ajustarse adecuadamente en operación. La mayor parte del equipo se revisará cuando se lleva a efecto la revisión del equipo mayor, pues este trabajo se hará más seguro y en mejores condiciones estando la planta parada que en operación.

h) Reportes de mantenimiento

El tiempo empleado así como los materiales, deben cargarse a la cuanta adecuada para conocer los costos de mantenimiento. Los datos para estos costos provendrán del jefe de mantenimiento y del superintendente de la planta, hay variaciones considerables en las practicas para detallar los costos de

mantenimiento, los costos de cada trabajo hecho a cada parte del equipo ; también pueden subdividirse los costos en grupos del equipo similar, ya sea mensual o anualmente.

Deberá hacerse un récord histórico por cada parte del equipo dando breves datos de fechas de trabajos hechos durante reparaciones, así como de ajustes ; esto es muy importante para el mantenimiento y operación futura de la planta. Para poder llevar este récord es necesario preparar reportes de cada trabajo de mantenimiento programado ; la información inicial es copiada en la hoja de control en orden cronológico. Es muy valioso un récord histórico de la información pertinente del equipo, los datos de los fabricantes, números de serie y tamaño, deben de anotarse en la parte superior de la tarjeta de control.

