

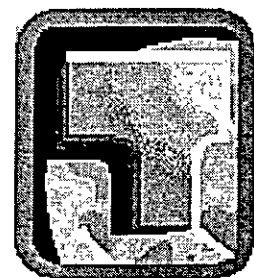
DIPLOMADO EN INGENIERÍA DE CALDERAS Y RECIPIENTES SUJETOS A PRESIÓN

MÓDULO III INGENIERÍA DE SOPORTE A CALDERAS

TEMA : CUIDADO DE CALDERAS

Expositor : M.I. VICENTE G. LÓPEZ FERNÁNDEZ





DIPLOMADO EN INGENIERÍA DE CALDERAS Y RECIPIENTES SUJETOS A PRESIÓN

MÓDULO III INGENIERÍA DE SOPORTE A CALDERAS

TEMA : CUIDADO DE CALDERAS

CONTENIDO:

- A) PROCEDIMIENTOS PARA LA PUESTA EN MARCHA DE CALDERAS
- B) PRECAUCIONES DURANTE EL PROCESO DE ARRANQUE
- C) INDICADORES IMPORTANTES EN LA OPERACIÓN DE CALDERAS
- D) RECOMENDACIONES PARA EL CUIDADO DE CALDERAS



DIPLOMADO EN INGENIERÍA DE CALDERAS Y RECIPIENTES SUJETOS A PRESIÓN

MODULO III INGENIERÍA DE SOPORTES A CALDERAS

TEMA 2: CUIDADO DE CALDERAS.

Contenido:

- a) Procedimiento para la puesta en marcha de calderas.**
- b) Precauciones durante el proceso de arranque.**
- c) Indicadores importantes en la operación de calderas.**
- d) Recomendaciones para el cuidado de las calderas.**

Antes de iniciar el desarrollo del tema, les quiero mostrar a través de diapositivas, lo que le sucede a las calderas al no tener cuidado en su operación y/o mantenimiento.

Vamos a dar inicio a nuestro tema, considerando que tenemos instalada una caldera nueva tipo tubos de fuego y que ya fue probada en fábrica. Además que tiene su equipo auxiliar completo y que durante su montaje e instalación, se cumplió con los siguientes requisitos:

Requisitos legales. Actualmente se tiene la norma oficial mexicana NOM-122-STPS-1996. Relativa a las condiciones de seguridad e higiene para el funcionamiento de los recipientes sujetos a presión y generadores de vapor ó calderas que operen en los centros de trabajo.

Puntos a considerar:

- 1.- Tener por escrito un manual de seguridad e higiene para la operación y mantenimiento de la caldera, sus accesorios y dispositivos.
- 2.- La caldera debe ser instalada en lugares en donde los riesgos sean mínimos.

3.- La caldera se encuentre en piso firme y nivelado capaz de soportar el peso muerto de la misma.

4.- El equipo debe de estar libre de impactos, con suficiente ventilación. Para una ventilación adecuada, el cuarto de calderas deberá estar provisto de áreas de escape de aire caliente en la parte superior del cuarto de calderas, y de áreas para la admisión de aire fresco, necesario para ventilación del mismo y para la combustión.

5.- Debe contar con iluminación general y complementaria:

En caldera 60 Luxes como mínimo.

En quemador 100 Luxes como mínimo.

En cabezal de vapor 60 Luxes como mínimo.

Área de manómetros 100 Luxes como mínimo.

6.- Espacio mínimo de 1.5 m entre el techo y la parte más alta de la caldera.

7.- Espacio mínimo de 1.0 m alrededor de la caldera.

Requisitos técnicos del equipo.

1.- Tener espacio suficiente ya sea por la parte delantera o trasera, para poder cambiar los tubos flux.

2.- Es necesario que el cuarto de calderas cuente con un sistema de drenaje, con registros en: centro de la caldera, en la zona del equipo suavizador y en las trincheras en caso de que existan.

3.- Para la descarga de las purgas, se recomienda un tanque separador centrífugo o una fosa de purgas.

4.- Dentro del tablero de la caldera tener una copia del diagrama eléctrico de la misma.

REVISIÓN DE LA INSTALACIÓN

La Instalación comprende:

1.- Sistema de alimentación de agua.

1.1.- Toma de agua a una presión de 2 a 3 Kg/cm², (ver manómetro)

1.2.- Equipo suavizador de agua (simple o doble)

1.3.- Tanque de condensados con sus accesorios y altura adecuada, para producir así una carga positiva en la succión de la bomba y evitar la evaporación del agua al funcionar ésta. Se sugieren las siguientes

alturas del tanque de condensados con respecto a la línea de centros de la bomba, cuando la temperatura del agua exceda a 82°C (180°F).

Temperatura en °C	Altura en m.
82 a 93	1.80 o más
93 a 96	2.40 o más
96 a 100	3.90 o más

1.4.- Bomba de alimentación de agua. La conexión entre el tanque de condensados y la bomba, deberá ser de por lo menos el mismo diámetro de succión de la bomba, teniendo un filtro lo mas cercano a ésta y una válvula tipo compuerta.

1.5.- Tubería de alimentación de agua desde la bomba hasta la toma de la caldera conservando el mismo diámetro de descarga de la bomba; Además debe contar con una válvula tipo globo lo mas cercano a la caldera y junto a ésta una o dos válvulas de retención.

2.- Sistema de alimentación de combustible.

2.1.- Utilizando combustóleo.

2.1.1.- Tanque(s) de almacenamiento general. Su instalación se rige por la norma oficial mexicana NOM-005-STPS-1993

2.1.2.- Bomba de trasiego. Tubería aislada con la tubería que conduce el vapor para el precalentador del tanque de combustóleo.

2.1.3.- Tanque de día.

2.1.4.- Bomba de alimentación de combustible al quemador de la caldera, incluye filtro en la succión y válvulas de control manual.

2.1.5.- Precalentador de vapor y eléctrico (pueden estar separados o en una sola pieza), con accesorios y controles para el control automático del vapor y de la temperatura la cual se eleva a 93°C, esta temperatura puede variar dependiendo del tipo de quemador.

2.1.6.- Línea de atomización, dependiendo del fabricante de la caldera, ésta puede ser con aire o vapor.

2.1.7.- Se utiliza piloto de gas L.P. o natural.

2.2.- Utilizando gas natural. (Las instalaciones de gas natural se rigen por la norma oficial mexicana NOM-SECRE-002-1997).

2.2.1.- En la caseta que esta dentro de las instalaciones de la empresa se regula el gasto y la presión requerida; Se conduce hasta el cuarto de calderas.

2.2.2.- Dentro del cuarto de calderas, se tiene: Una válvula de corte manual, un manómetro de rango adecuado y un regulador que nos baja la presión del gas a la requerida por el quemador.

2.2.3.- Después del regulador esta el tren principal de gas y el quemador.

2.2.4.- Se utiliza piloto de gas natural.

2.3.- Utilizando gas L.P. (Las instalaciones de gas L.P. se rigen por el proyecto de norma oficial mexicana NOM-069-SCFI-1994)

2.3.1.- Tanque(s) de almacenamiento.

2.3.2.- Vaporizador(es) con su tanque trampa. (Si son necesarios)

2.3.3.- Banco de regulación. Se baja la presión del gas L.P. normalmente a 1.5 Kg/cm^2 .

2.3.4.- Se conduce el gas L.P. a la presión mencionada hasta dentro del cuarto de calderas.

2.3.5.- Dentro del cuarto de calderas se tiene un segundo regulador llamado de 2a. Etapa que baja la presión del gas L.P. a la requerida por el quemador de la caldera.

2.3.6.- Antes del regulador mencionado, se encuentra instalada una válvula de corte manual, un filtro y un manómetro de rango adecuado.

2.3.7.- Después del regulador de 2a. Etapa, se encuentra el tren principal de gas L.P. y el quemador de la caldera.

2.3.8.- Se utiliza piloto de gas L.P.

2.4.- Utilizando diesel o gasóleo.

2.4.1.- Tanque(s) de almacenamiento general. Su instalación se rige por la norma oficial mexicana NOM-005-STPS-1993.

2.4.2.- Bomba de alimentación de combustible al quemador. Entre la bomba y el tanque va instalada una válvula de corte manual y un filtro; A la descarga de la bomba va un manómetro de rango adecuado y dependiendo del tamaño y tipo de quemador va una válvula de alivio con línea de retorno de combustible.

2.4.3.- Dependiendo del fabricante y del tamaño del quemador; Se puede atomizar mecánicamente, con aire o vapor.

2.4.4.- Dependiendo del tamaño del quemador puede llevar piloto de gas L.P. o de diesel.

3.- Sistema de salida de gases.

3.1.- Termómetro de 100 a 500°C con carátula del diámetro adecuado.

3.2.- Chimenea del mismo diámetro al de la caldera y altura adecuada.

3.3.- Puertos de muestreo de acuerdo al instructivo CCAT-FF-001 de la SEDESOL.

3.4.- Plataforma (si es necesario).

4.- Sistema de purgas.

4.1.- La(s) purga(s) de fondo deben contar con una válvula de cierre lento tipo " Y " , y una válvula de cierre rápido seleccionadas a la presión adecuada. Instaladas en el orden descrito a partir de la salida de la caldera.

4.2.- En la purga de la columna de nivel, va una válvula tipo globo seleccionada a la presión adecuada.

4.3.- Las descargas de la purga del cristal de nivel y la purga del tren de controles, se pueden unir y conectarse en la tubería de descarga de la columna de nivel.

4.4.- La descarga de la purga de la columna de nivel, se puede unir a la descarga de la(s) purga(s) de fondo.

4.5.- La descarga de la(s) purga(s) de fondo, va a una fosa o a un tanque separador centrifugo.

5.- Sistema de energía eléctrica.

5.1.- Para el correcto funcionamiento del equipo eléctrico, es conveniente que el voltaje se mantenga lo más constante posible. Esto es de vital importancia para el circuito de control, el cual no admite variaciones en + o - 10% de los 110 volts nominales.

5.2.- Para el correcto funcionamiento y protección del control programador, se utiliza un transformador tipo seco de ½ KVA de 220 o 440 V a 110 V.

5.3.- Todos los motores deben estar protegidos con arrancadores magnéticos.

6.- Sistema de vapor

6.1.- Inmediatamente después de la salida de vapor de la caldera, va una válvula tipo globo seleccionada para la presión adecuada. Toda tubería de vapor deberá estar debidamente aislada y dependiendo de su longitud tendrá juntas de expansión.

6.2.- En sistemas intercomunicados de vapor con igual presión de trabajo, se deben instalar válvulas de retención a la salida de cada caldera y cuando haya diferentes presiones instalarlas en las calderas de baja presión.

6.3.- Si se utiliza cabezal de vapor, deberá de contar con: Válvula de seguridad, manómetro de rango adecuado, trampa de vapor con descarga al tanque de condensados. Además estará aislado.

6.4.- La descarga de la(s) válvula(s) de seguridad serán independientes y deben soportarse en una forma tal que evite cualquier esfuerzo sobre la(s) válvula(s). [Figura No.1]

Antes de iniciar el proceso de arranque se recomienda, destapar la caldera por ambos lados y realizar una prueba hidrostática a la presión de diseño, además revisar los refractarios para verificar que no sufrieron ningún daño durante el transporte y montaje de la misma.

A continuación, veremos como se realiza una prueba hidrostática de acuerdo a la sección No. I del código ASME.

PROCEDIMIENTO PARA LA PUESTA EN MARCHA DE CALDERAS Y PRECAUCIONES DURANTE EL PROCESO DE ARRANQUE

- 1) Realizar una inspección ocular a todo el exterior de la caldera, para verificar que no haya sufrido algún daño en su cuerpo o en alguno de sus controles y accesorios, durante el transporte y montaje.

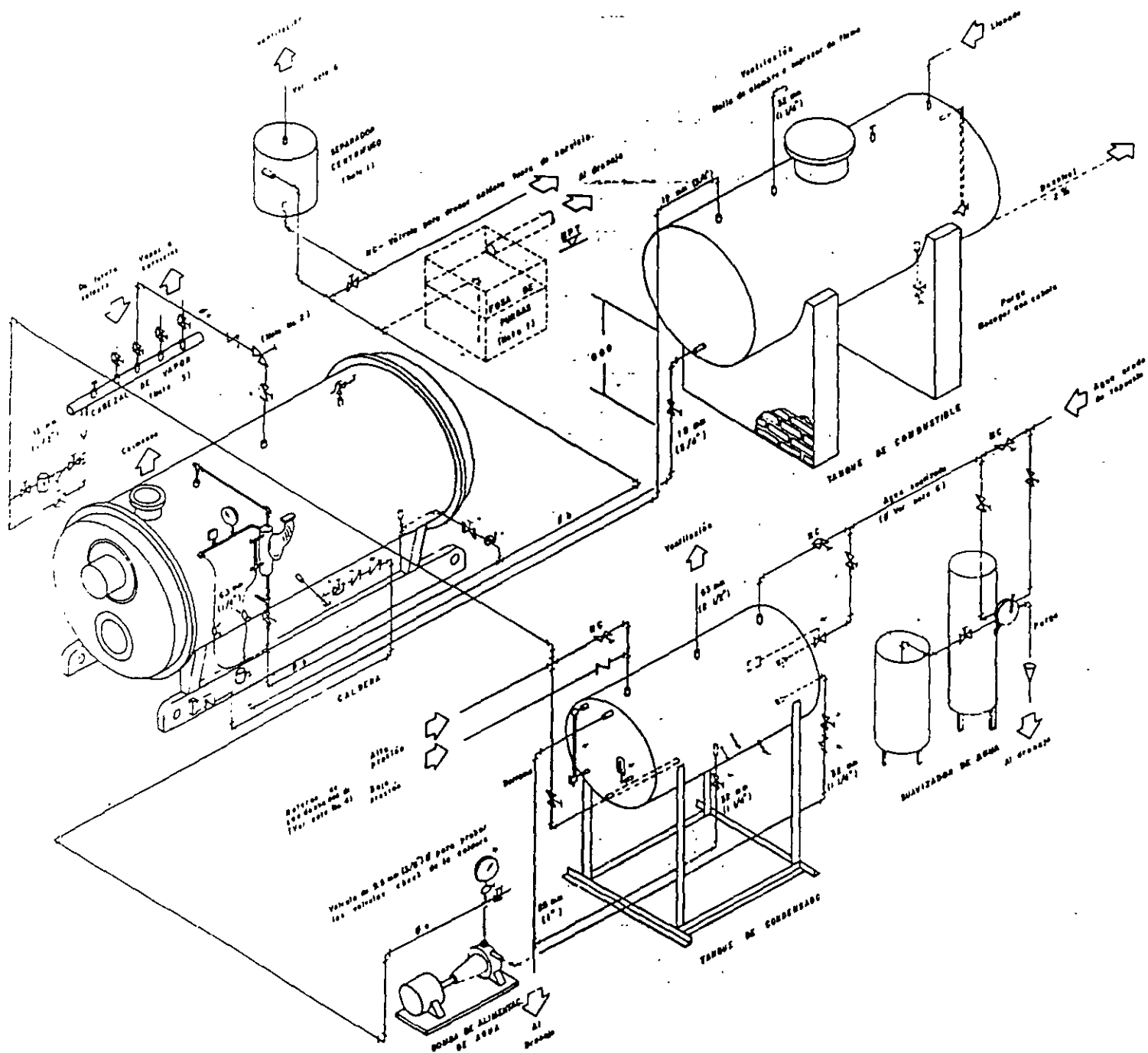
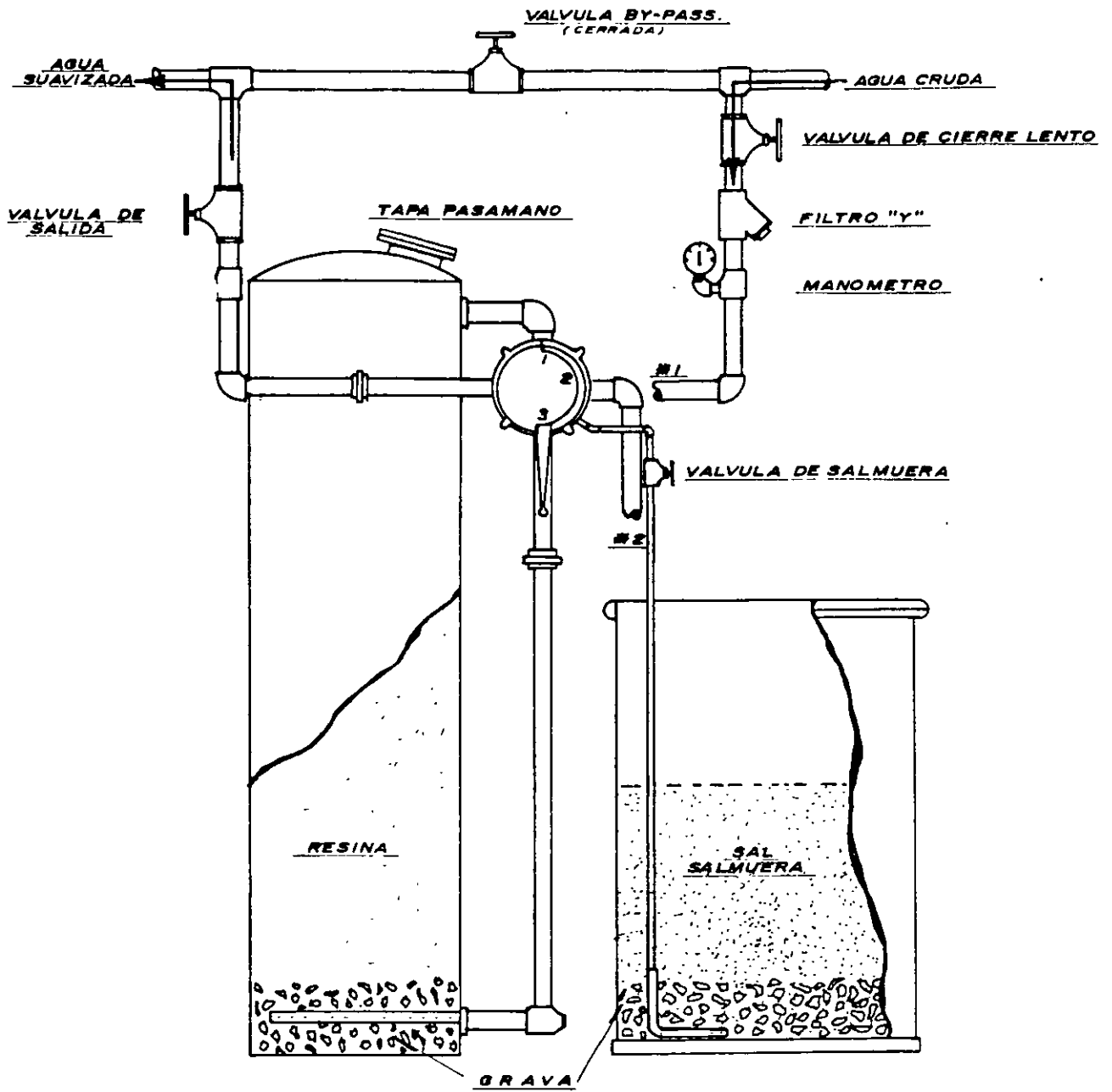


FIGURA 1

- 2) Revisar que haya energía eléctrica en el tablero de control de la caldera y en el arrancador de la bomba de agua (voltaje adecuado).
- 3) Revisar que el acoplamiento entre el motor y la bomba de agua se encuentre debidamente alineado.
- 4) Revisar el sentido de la rotación del ventilador, bomba de agua y en su caso de la bomba de combustible que sea el adecuado.
- 5) Revisar que el tanque de condensados tenga agua y que este al nivel adecuado.
- 6) Revisar que todas las válvulas de alimentación de agua estén abiertas, retirar el manómetro en la descarga de la bomba para verificar que circula el agua y eliminar el aire que había en la tubería tanto de succión como de descarga. Cuando salga agua sin burbujas colocar de nuevo el manómetro.
- 7) Revisar que la presión de agua a la entrada del equipo suavizador sea la adecuada (2 a 3 Kg/cm²) [figuras 2,3 y 4].
- 8) Abrir la válvula de venteo de la caldera.
- 9) Revisar que las válvulas de purga de fondo, purga de columna de nivel, purga del cristal de nivel, purga del tren de controles, salida principal de vapor y purga de superficie (si cuenta con ella), estén cerradas.
- 10) Retirar la tapa del control principal de nivel, revisar que no este obstruido el flotador y que las cápsulas de mercurio estén en buen estado y en su lugar.
- 11) Verificar que los grifos de prueba del control principal de nivel estén cerrados.
- 12) Verificar que las válvulas del cristal de nivel estén abiertas.
- 13) Revisar que el control de presión límite y el control de presión modulante estén ajustados a la presión que va trabajar la caldera, así como su diferencial.



*1: La entrada de agua dura a la válvula de puertos múltiples es por la parte trasera de la misma.

*2: Purga a drenaje.

FIGURA 2

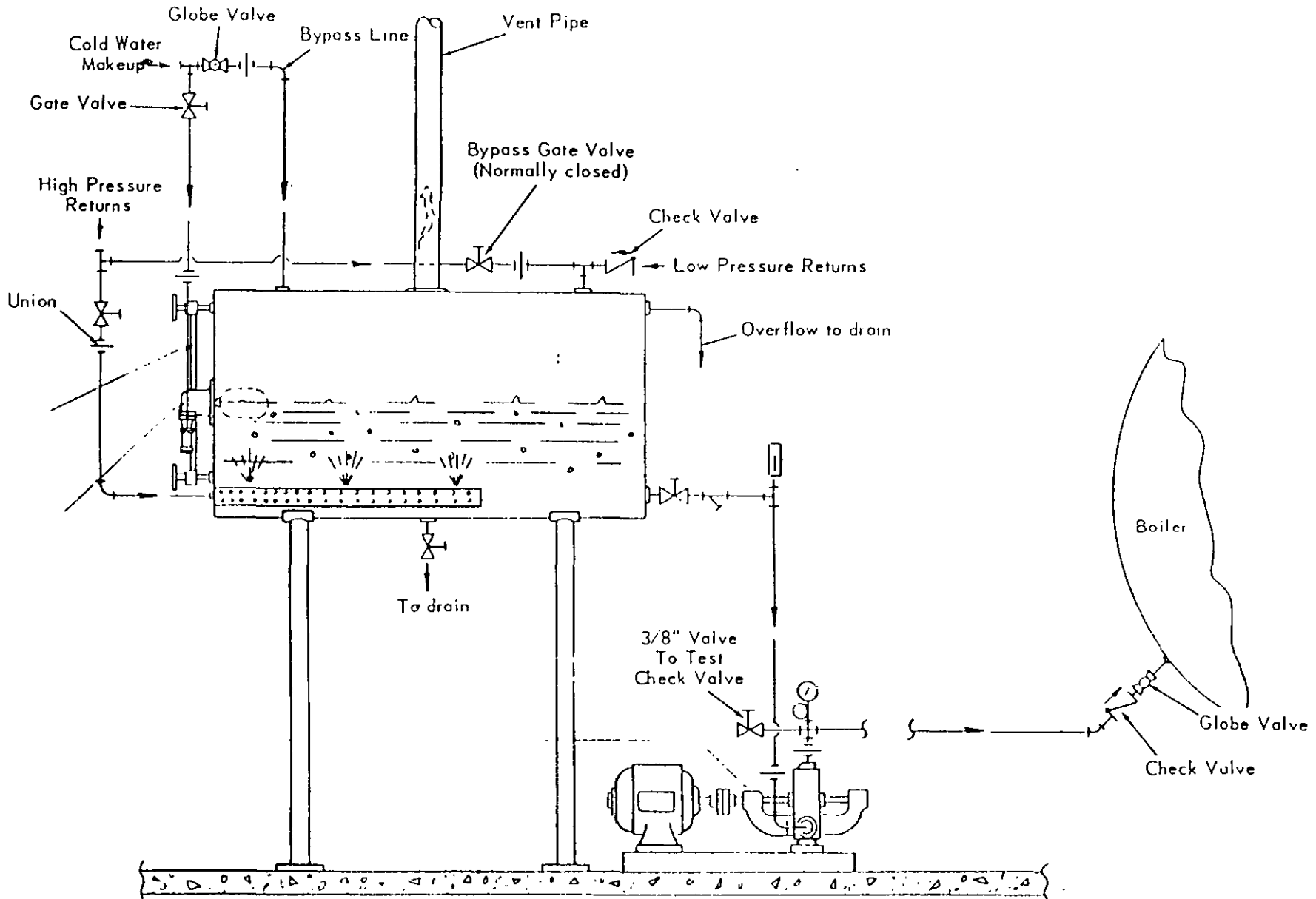


FIGURA 3

**CONDICIÓN DEL AGUA DENTRO DE LA CALDERA CUYA
PRESIÓN DE OPERACIÓN SEA MENOR DE 21 Kg/cm²**

	VALOR ACEPTABLE	VALOR LÍMITE
Sólidos totales disueltos	800 p.p.m.	2,000 p.p.m.
Alcalinidad total	150 p.p.m.	700 p.p.m.
Dureza	0 p.p.m.	0 p.p.m.
Sólidos en suspensión	30 p.p.m.	125 p.p.m.
Sílice	80 p.p.m.	325 p.p.m.
Aceite, materia orgánica, etc.	2 p.p.m.	7 p.p.m.
Oxígeno	10-20 p.p.m	70 p.p.m.
Bióxido de Carbono	10-20 p.p.m.	70 p.p.m.
PH	9.3	10.5

FIGURA 4

- 14) Revisar en la placa de la(s) válvula(s) de seguridad la presión a la cual esta calibrada. Ésta debe ser mayor a la presión de trabajo pero no mas que la presión de diseño.
- 15) Revisar el electrodo de ignición que no se haya dañado durante el transporte y montaje de la caldera.
- 16) Verificar que el voltaje que está recibiendo el motor modutrol sea el adecuado (24 V).
- 17) Arrancar la bomba de alimentación de agua colocando el selector de tres posiciones, en automático, verificando el amperaje del motor.
- 18) Verificar que la bomba esta inyectando agua dentro de la caldera, sintiendo el paso en la tubería de descarga de la misma. También se puede verificar tocando la descarga de la válvula de venteo o escuchar el ruido que produce el aire al salir de la caldera.
- 19) Revisar la tubería y conexiones del agua de alimentación para corregir posibles fugas.
- 20) Observar en la mirilla de cristal, el nivel del agua dentro de la caldera y marcar el nivel cuando se pare la bomba automáticamente. Este nivel normalmente es de 63 mm medido a partir de su base.
- 21) Purgar la caldera por el fondo, marcar en la mirilla de cristal, el nivel donde arranca la bomba automáticamente. Aproximadamente es de 44 mm medido a partir de su base.
- 22) Colocar el selector de la bomba de agua en la posición de apagado y seguir purgando la caldera por el fondo, marcar en la mirilla de cristal, el nivel de corte del quemador (actúa una alarma auditiva). Aproximadamente es de 38mm medido a partir de su base [figura 5].
- 23) Verificar que el control de baja presión de aire para la combustión este ajustado a la presión requerida y que funcione correctamente.

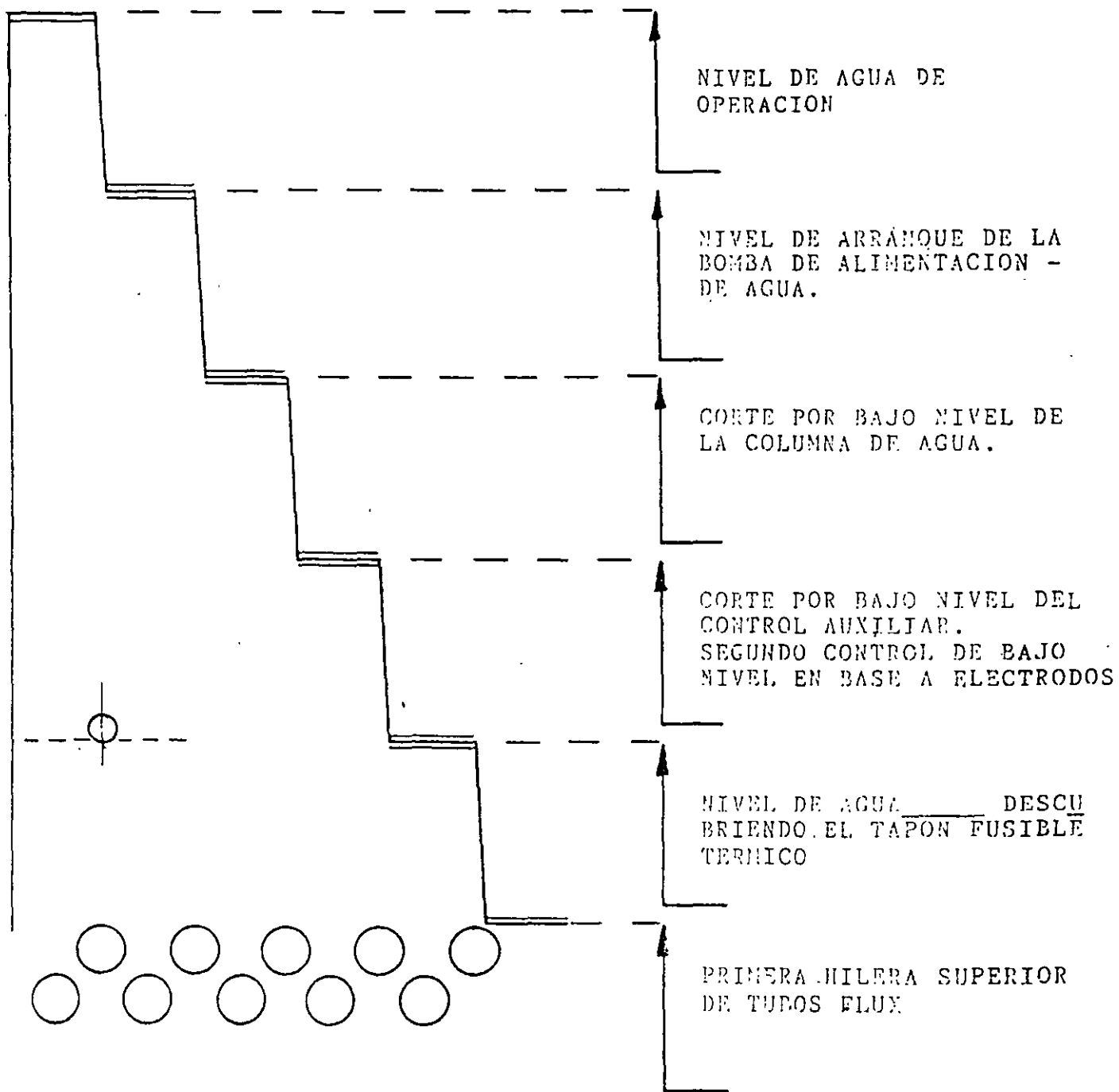


FIGURA 5

24) De acuerdo al tipo de combustible, revisar que no estén bloqueados los controles eléctricos de seguridad con que cuenta la caldera.

A.- Utilizando gas natural o L.P.

- Control por baja presión de gas.
- Control por alta presión de gas [figura 6].

B.- Utilizando combustóleo.

- Microswitch de arranque.
- Control por baja presión de aire para atomización.
- Control por baja presión de combustible.
- Control por baja temperatura de combustible.
- Control por alta temperatura de combustible.

C.- Utilizando diesel o gasóleo.

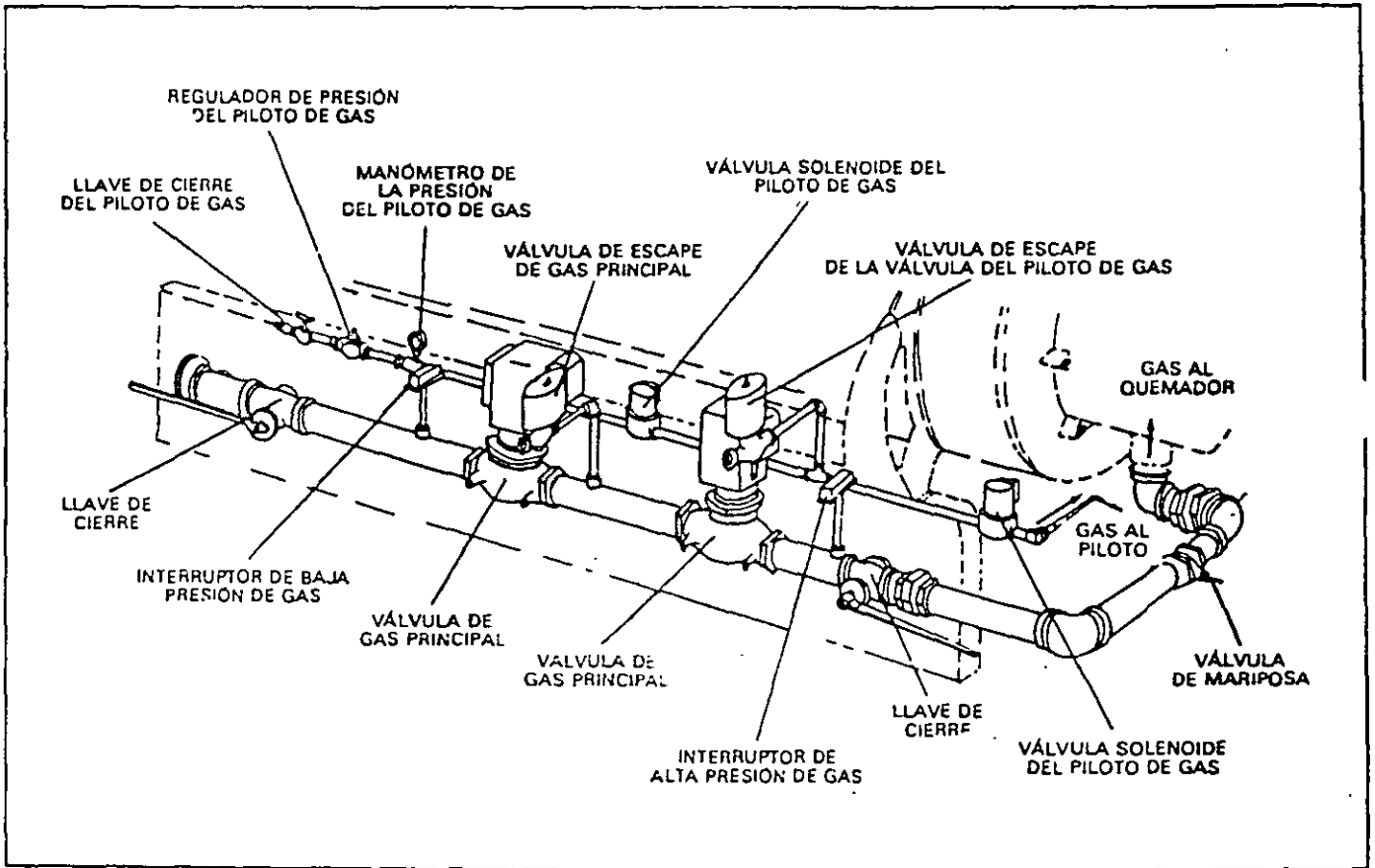
- Microswitch de arranque.
- Control por baja presión de aire para atomización.
- Control por baja presión de combustible.

25) Abrir todas las válvulas manuales de alimentación de combustible desde el tanque de almacenamiento hasta el quemador de la caldera.

26) Si se utiliza retorno de combustible, también abrir todas las válvulas.

27) Abrir la válvula manual que alimenta el gas al piloto, verificar la presión la cual debe ser de 5 a 10 pulgadas columna de agua.

28) Cuando se utiliza combustóleo, en algunas calderas el arranque en frío se hace con diesel y se atomiza con aire; Ya que se tiene vapor a 3 Kg/cm^2 , se abren todas las válvulas manuales que controlan el paso de vapor a: tanque de almacenamiento general y tanque de día, al llegar a las temperaturas recomendadas (30° C en el tanque de almacenamiento general y 60° C en el tanque de día), se arranca la bomba de trasiego para circular el combustóleo entre el tanque general y el de día.



CONJUNTO BÁSICO DEL GAS

FIGURA 6

Se apaga la caldera y se abren las válvulas del combustóleo que hay entre el tanque de día y el quemador, se cierran las válvulas del diesel.

Se arranca la bomba de alimentación de combustible para circular el combustóleo entre el tanque de día y el quemador, se abre la válvula que controla el paso del vapor al precalentador y se enciende el precalentador eléctrico para elevar la temperatura del combustóleo a 93° C y pueda funcionar el quemador. Algunas calderas atomizan con vapor en este momento se hace el cambio.

- 29) En las calderas que utilizan combustibles líquidos y que tienen línea de retorno, se puede poner a funcionar la bomba de combustible para revisar y ajustar las presiones requeridas por el quemador de la caldera.

Presión de combustible líquido recomendada en operación de alta alimentación, utilizando atomización con aire o vapor:

Presión de abastecimiento: 5.0 Kg/cm²

Presión de entrada al quemador: 2.5 a 3.5 Kg/cm²

Presión de retorno: Aprox. 1.0 Kg/cm² de diferencia con respecto a la presión de entrada.

Presión de atomización con aire:

Sin flujo de combustible la presión mínima es de 0.5 Kg/cm²

Con combustible en fuego bajo sube a 0.80 Kg/cm²

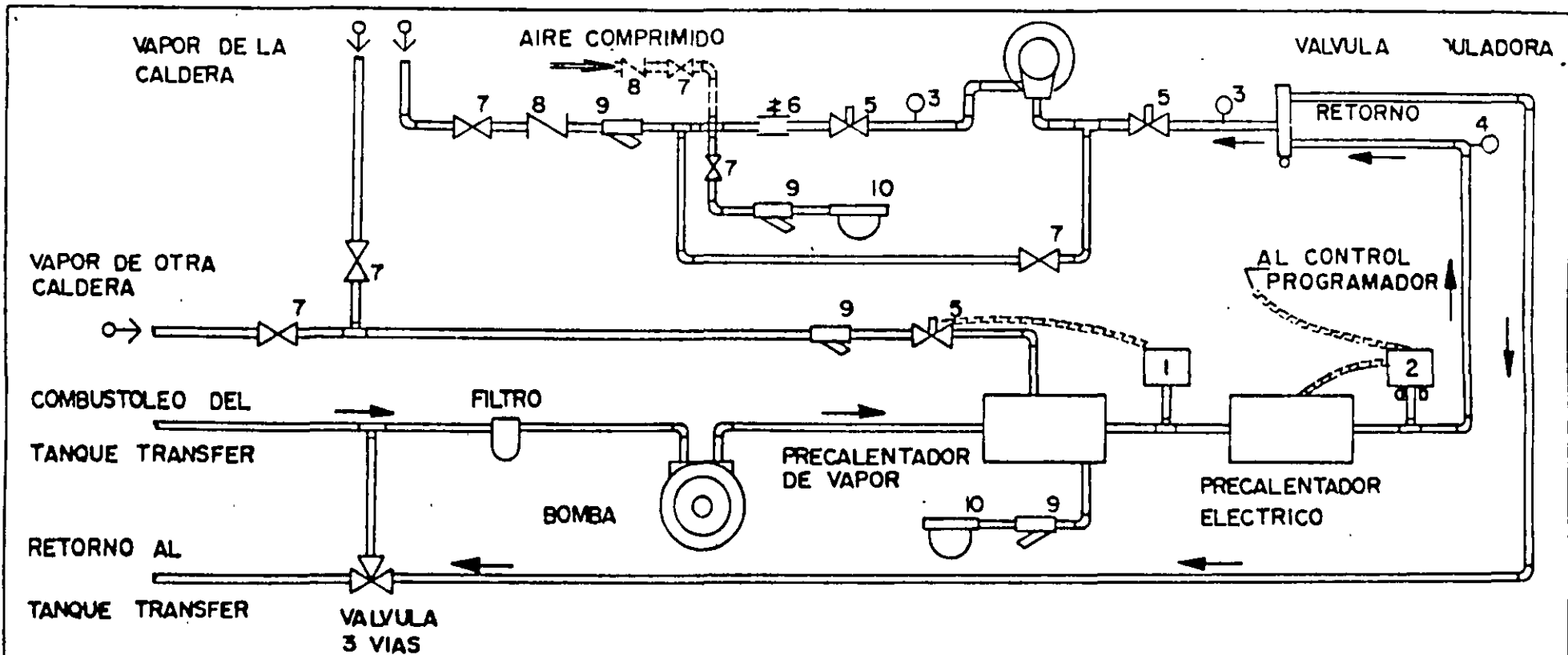
Con combustible en fuego alto no debe sobrepasar los 2.0 Kg/cm²

Presión de atomización con vapor: Dentro del rango de 0.8 a 1.4 Kg/cm²

La presión de combustible líquido utilizando atomización mecánica es de 7 Kg/cm² .[figura 7]

- 30) La presión de combustible en calderas que utilizan gas L.P. o natural, es baja y depende del tamaño del quemador y del lugar donde este instalado. Se mide en pulgadas columna de agua, en onzas/ pulg² o en gr./cm²

- 31) Todos los valores de presión y temperatura mencionados en los puntos anteriores se dan como referencia para poder arrancar la caldera. Los valores reales nos lo dará el análisis de gases que se hace a la caldera en operación para dejarla dentro de norma.



- COMBUSTOLEO
- AIRE COMPRIMIDO
- → VAPOR

- 1- CONTROL DE TEMPERATURA
- a) ACCIONA LA VALVULA SOLENOIDE DE VAPOR.
- 2- CONTROL DE TEMPERATURA DUAL
- a) ACCIONA EL PRECALENTADOR ELECTRICO
- b) ACCIONA LA VALVULA SOLENOIDE DE COMBUSTOLEO
- 3- INDICADOR DE PRESION
- 4- INDICADOR DE TEMPERATURA
- 5- VALVULA SOLENOIDE
- 6- REGULADORA DE PRESION
- 7- VALVULA DE GLOBO MANUAL
- 8- VALVULA DE RETENCION
- 9- FILTRO VAPOR / AIRE
- 10- TRAMPA DE VAPOR

SISTEMA DE ALIMENTACION DE COMBUSTOLEO LIGERO N° 6 - MODULANTE -

FIGURA 7

32) Hasta este punto se tiene la caldera lista para iniciar el proceso de arranque.

33) Encender la caldera iniciando el ciclo del control de flama modulante, el cual tiene la siguiente secuencia [figura 8]:

- Se energiza el motor del ventilador y el motor modutrol iniciando un tiempo de prepurga que tiene una duración de 70 segundos, en este lapso la compuerta del aire pasa de fuego bajo a fuego alto y viceversa.

- A los 70 segundos se energiza el transformador de ignición y la válvula solenoide del piloto de gas, estableciéndose el encendido del piloto.

- La fotocelda registra la señal de la flama del piloto. Periodo no mayor a 10 segundos.

- Se energiza la válvula principal de combustible, encendiendo la caldera.

- Después de un período de 15 segundos para verificar la presencia de la flama principal, se apaga el piloto.

- A los 105 segundos se tiene el fin del ciclo de encendido, el programador se para. El quemador modula hasta que la carga de demanda es satisfecha, regresando a fuego bajo.

- Para el quemador. Hay un periodo de pospurga cortándose la corriente al motor del ventilador a los 120 segundos.

- El sistema queda listo para iniciar otro ciclo.

34) Ya que se tiene la caldera encendida se mantiene en fuego bajo y se le da un calentamiento inicial lento de la siguiente manera:

Trabaje la caldera por 10 minutos y apagela por 5 minutos, repita lo anterior tres veces más. Después déjela trabajando en fuego bajo hasta que llegue a una presión de vapor de 3.0 Kg/cm², Durante este periodo se recomienda apretar nuevamente los registros pasmano, el registro pasa-hombre y las tapas de la caldera. Posteriormente se puede pasar a automático, verificando que se apague la caldera a la presión a la cual está ajustado el control de presión límite.

35) Se recuerda que cuando empieza a salir vapor por la válvula de venteo, ésta se cierra.

SECUENCIA DE PROGRAMACIÓN, CONTROL CB-20

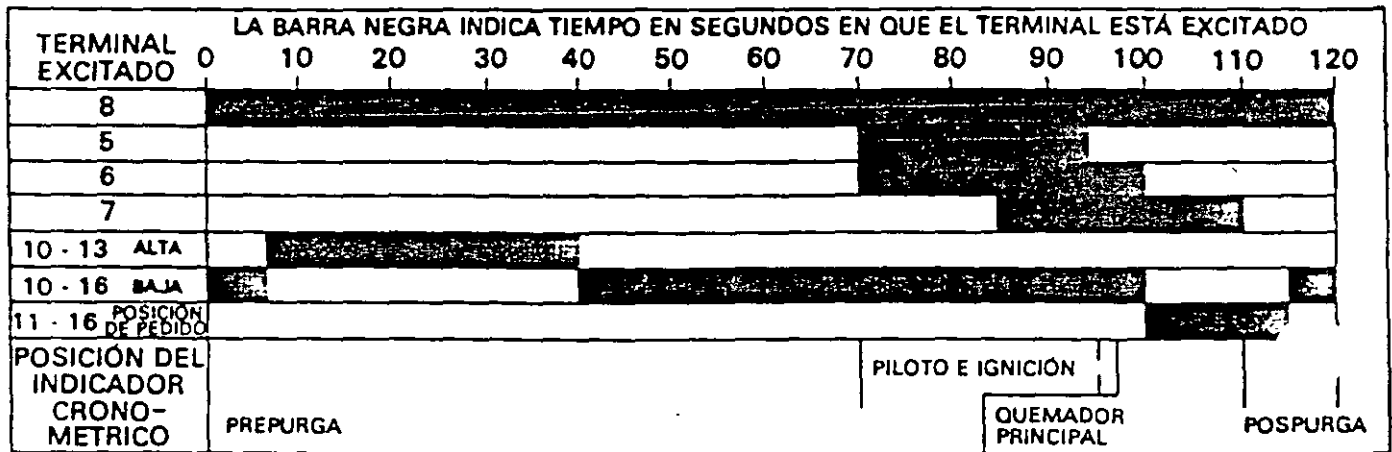


FIGURA 8

36) Antes de que una caldera nueva sea puesta en servicio, debe limpiarse cuidadosamente a fin de eliminar la grasa y otras materias orgánicas, óxidos, escamas de laminación, fundentes de soldadura y cualquier otro material inherente a la fabricación y al montaje.

El objetivo a lograr durante la limpieza de una caldera nueva es producir una superficie metálica limpia en todas las partes de la misma que están en contacto con el agua y el vapor durante la operación.

Se recomienda que ésta limpieza química la realice la compañía que esta a cargo del tratamiento del agua.

37) Después que se realizo el lavado químico, se arranca la caldera hasta que pare por presión. Abra lentamente la válvula principal de salida de vapor y verifique que la caldera encienda a la presión que esta ajustado el diferencial del control de presión límite.

38) Verifique que actúan las protecciones de seguridad de la caldera, las cuales son:

-Paro por alta presión de vapor.- Esta prueba se realizó en el punto No. 34

-Paro por bajo nivel de agua.- Estando la caldera en operación, apagar la bomba de agua y purgar la caldera por el fondo. Viendo la mirilla de cristal revisar que el quemador se apague en el nivel que tenemos marcado por corte de bajo nivel.

- Paro por falla de flama.- Teniendo en operación la caldera, retirar la fotocelda del quemador y tapparla, dependiendo del control de flama y del tipo de detección, la caldera debe apagarse en un tiempo corto (seg.).

39) Por ultimo, verificar o en su caso ajustar que la caldera este bien carburada desde fuego bajo hasta fuego alto, tomando lecturas de los gases con equipo autorizado por SEMARNAP. La norma oficial mexicana que rige es la NOM-085-ECOL-1994 en su tablá No. 5

40) Caldera lista para su operación normal.

INDICADORES IMPORTANTES EN LA OPERACIÓN DE CALDERAS

1.- CONTROL DE NIVEL.

Se puede decir que éste es uno de los controles más importantes de las calderas, el tipo de control más usual es el de cápsulas de mercurio líquido.

En la parte superior trae una cabeza donde van alojadas dos cápsulas de mercurio, una es de dos hilos la cual controla la bomba que alimenta el agua a la caldera; La otra cápsula es de tres hilos, es la que manda cortar el quemador y activa una alarma sonora al mismo tiempo cuando ocurre un bajo nivel dentro de la caldera.

Como la falla de éste control es la causa más frecuente de siniestros hoy en día, algunos fabricantes de calderas, además del control principal de nivel le instalan un segundo control del tipo de varillas; Y hasta un tercer control: el tapón fusible (en si éste es un indicador).

La práctica ha demostrado que estos intentos de doble protección no son la solución. Si no se purga correctamente la columna de nivel y al lavarse interiormente la unidad, no se hace con esmero ni se inspeccionan cuidadosamente las condiciones reales de funcionamiento de sus partes, por mas controles que se instalen va a ocurrir la falla.

2.- MANÓMETRO PRINCIPAL DE VAPOR.

La caldera debe tener un manómetro graduado en Kg/cm², Kpa o bar, éste manómetro se calibrará periódicamente, está instalado en la zona de vapor y forma parte de lo que se llama tren de controles. Cuidar que la presión de trabajo se ubique dentro del tercio medio de la carátula y que ésta sea del tamaño adecuado al tamaño de la caldera, para poder leer desde el frente de la caldera la presión del vapor sin ningún problema.

Para especificar un manómetro se requiere:

- Rango de la presión
- Diámetro de carátula
- Posición de la conexión

- Diámetro de la conexión
- Tipo de fluido que va a manejar

3.- CONTROL DE FLAMA

En la actualidad, el tipo de control y de detección de flama se rige por la norma oficial mexicana NOM-027-SEDG-1996.

Los fabricantes de calderas deben de cumplir con esta norma. Toda la norma se resume a dos tablas:

Tabla 1.- Clases de controles de seguridad de flama según el ciclo de trabajo.

Tabla 2.- Sistemas de detección de flama.

Esta norma tiene algunas fallas, como son:

Acepta calderas que trabajen solo con una flama hasta capacidades de 70 c.c.

Acepta calderas que utilicen varilla detectora como medio de detección hasta capacidades de 473 c.c.

A continuación se presenta una tabla de controles de flama de la marca Honeywell (más común en calderas), donde se indica dentro de que clase entran de acuerdo a la norma y de acuerdo a la practica, hasta que capacidad de caldera se recomiendan [tablas. Figura 9 y 10].

4.- TERMÓMETRO DE CHIMENEA

Éste es un indicador de importancia en la operación de las calderas, una alta temperatura puede ser por dos causas:

- Que este hollinada la caldera.
- Que exista fuga de gases por alguna de las mamparas.

La causa más frecuente, es la primera; Cuando tenga 80° C por arriba de la temperatura del vapor, indica que la caldera tiene hollín y/o incrustación, se debe proceder a lavado y deshollinado.

Si la presión de trabajo de la caldera es de 7.0 Kg/cm², de tablas de vapor, la temperatura que corresponde al vapor para ésta presión es de 169.5° C, entonces tenemos:

CONTROLES DE FLAMA MARCA HONEYWELL MÁS COMUNES PARA CALDERAS

Modelo	Servicio	Respuesta a falla de flama	Base	Fotocelda	Amplificador	Pre-purga Seg.	Post-purga Seg.	Combustible	Recomendado para caldera c.c.	
RA890F1346 (Clase 2 B)	Una o dos flamas	3.0 segundos	Q270A1024	C7013A1003 Rectificación	Integrado			Diesel	Hasta 40	
				Varilla Detectora				Gas	Hasta 20	
RA890G1260 (Clase 2 A)	Una o dos flamas	3.0 segundos	Q270A1024	C7027A1023 (Ultravioleta)	Integrado			Gas	Hasta 40	
R4795A1016 (Clase 8 B)	Una o dos flamas	0.8 segundos	Q270A1024	C7013A1003 Rectificación	R7289A1012 (Color verde)	7,10,30.60 o 90		Diesel	Hasta 60	
				C7027A1023 (Ultravioleta)	R7290A1019 (Color violeta)			Gas		
R4140L1147 (Clase 14 A)	Modulante (Levas)	2 a 4 segundos	Q520A1089	C7015A1076 (Infrarroja)	R7248A1004 (Color rojo)	60	15	Líquido	80 cc en adelante	
R4140G1171 (Clase 14 A)	Modulante (Levas)	2 a 4 segundos	Q521A1089	C7027A1023 (Ultravioleta)	R7249A1003 (Color violeta)	70	25	Gas		
* CB-20 (R4140G1023) (Clase 14 A)	Modulante (Levas)	2 a 4 segundos	Q520A1170	C7015A1118 (Infrarroja)	R7248A1046 (Color rojo)	72	16	Todos		
BC7000L1000 (Clase 14 A) (1)	Modulante (Electrónico)	2 a 4 segundos	Q520A1089	De acuerdo a el modulo programado puede utilizar detección infrarroja o ultravioleta.						Todos
* CB-70 (BC7000L1018) (Clase 14 A) (1)	Modulante (Electrónico)	2 a 4 segundos	Q520A1170	De acuerdo a el modulo programado puede utilizar detección infrarroja o ultravioleta.						Todos

* Modelo exclusivo calderas marca Cleaver Brooks.
(1) Autoverificación Dinámica.

GZA

FIGURA 9

NOM-027-SEDG-1996
SISTEMAS DE DETECCIÓN DE FLAMA

SISTEMA	TIPO	MARCA Y MODELO	CAPACIDAD MÁXIMA Mj/hr (Kcal/hr) (c.c.)	COMBUSTIBLE
AL	FOTORESISTENCIA DE SULFURO DE CADMIO	HONEYWELL C554A CONTROL DE FLAMAS IC515	1675 (400,000) (47.34)	DIESEL
BL	TUBO ELECTRÓNICO AL VACÍO (FOTODIODO) (RECTIFICACIÓN)	HONEYWELL C7013A CONTROL DE FLAMAS 922	8375 (2'000,000) (236.70)	DIESEL
BG	VARILLA DETECTORA DE IONIZACIÓN DE FLAMA (RECTIFICACIÓN)	HONEYWELL C7008A CONTROL DE FLAMAS C7008A	16750 (4'000,000) (473.37)	GAS
CDN	FOTORESISTENCIA DE SULFURO DE PLOMO SIN AUTOVERIFICACIÓN DINÁMICA	HONEYWELL C7015A CON AMPLIFICADOR R7248A	16750 (4'000,000) (473.37)	DIESEL/GAS/COMBUSTOLEO
DDN	FOTOTUBO SENSIBLE A RADIACIÓN ULTRAVIOLETA SIN AUTOVERIFICACIÓN DINÁMICA	HONEYWELL C7027A CON AMPLIFICADOR R7249A CONTROL DE FLAMAS IC2200	16750 (4'000,000) (473.37)	DIESEL/GAS/COMBUSTOLEO
CDD	FOTORESISTENCIA DE SULFURO DE PLOMO CON AUTOVERIFICACIÓN DINÁMICA	HONEYWELL C7015A CON AMPLIFICADOR R7248B	SIN LIMITE	DIESEL/GAS/COMBUSTOLEO
DDD	FOTOTUBO SENSIBLE A RADIACIÓN ULTRAVIOLETA CON AUTOVERIFICACIÓN DINÁMICA	HONEYWELL C7076A CON AMPLIFICADOR R7476A	SIN LIMITE	DIESEL/GAS/COMBUSTOLEO

Nota: a partir de instalaciones cuya capacidad de liberación de calor sobrepase los 157 MJ/hr (37,500 kcal/hr) (4.44 c.c.) , independientemente del tipo de combustible que utilicen; se deberá de utilizar control de seguridad contra falla de flama con detección de flama por medios electrónicos (no térmico)

GZA

FIGURA 10

$$169.5 + 80 = 249.5^{\circ} \text{ C}$$

En una caldera de tubos de fuego, la temperatura normal de los gases en la base de la chimenea es de 200 a 225° C.

Por lo anterior, es muy importante que la caldera este siempre bien carburada en toda su gama de modulación.

En base a la capacidad de la caldera y al tipo de combustible que utilice su quemador, es la frecuencia con la cual se analizan los gases producto de la combustión.

El fabricante del quemador indica cual es el % de CO₂ (bióxido de carbono) más idóneo para el funcionamiento eficiente del mismo. En la practica se recomiendan los siguientes valores:

RANGO	Gas L.P. o N.	Diesel o G.	Combustóleo
Excelente	10	12.8	13.8
Bueno	9	11.5	13
Regular	8.5	10	12
Pobre	8 o menos	9 o menos	11.5 o menos

Los resultados de una carburación, deben tener los valores de los siguientes parámetros:

Bióxido de carbono, oxígeno, exceso de aire, monóxido de carbono, temperatura de los gases y eficiencia del quemador.

A continuación tenemos las tablas 5 y 6 de la norma oficial mexicana NOM-085-ECOL-1994 [tablas. Figuras 11 y 12].

5.- TRATAMIENTO DEL AGUA Y PURGAS.

El descuido del mantenimiento por el lado del agua trae como resultado la formación de incrustaciones, picaduras, corrosión, espuma, arrastre de humedad y crestas de nivel de agua.

Es importante un tratamiento de agua con procedimiento adecuado de purgas para conservar las superficies de calefacción de la caldera libres de incrustación y prolongar la vida útil de la misma.

Se recomienda consultar a empresas expertas en tratamiento de agua.

Ellos analizarán el agua y propondrán el tratamiento adecuado basado en el análisis y cantidad de agua cruda que se usará, también dirán la

NOM-085-ECOL-1994 (D.O. 2 - DIC - 1994)

TABLA 5

1o. ENERO DE 1998 EN ADELANTE

CAPACIDAD DEL EQUIPO DE COMBUSTIÓN MJ/h	TIPO DE COMBUSTIBLE EMPLEADO	DENSIDAD DE HUMO	PARTÍCULAS (PST) mg/m ³ (kg/10 ⁶ kcal) (1) (2)			BIÓXIDO DE AZUFRE ppm V (Kg/10 ⁶ kcal) (1) (2)			ÓXIDOS DE NITRÓGENO ppm V (Kg/10 ⁶ kcal) (1)			EXCESO DE AIRE DE COMBUSTIÓN % volumen (5)
		Número de mancha u opacidad	ZMCM	ZC (3)	RP	ZMCM	ZC(3)	RP	ZMCM	ZC(4)	RP	
Hasta 5,250 <i>11000</i>	Combustoleo o gasoleo	3	NA	NA	NA	550 (2.04)	1,100 (4.08)	2,200 (8.16)	NA	NA	NA	50
	Otros líquidos	2	NA	NA	NA	550 (2.04)	1,100 (4.08)	2,200 (8.16)	NA	NA	NA	
	Gaseosos	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
<i>14900</i> De 5,250 a 43,000 <i>120400</i>	Líquidos	NA	75 (0.106)	350 (0.497)	450 (0.639)	550 (2.04)	1,100 (4.08)	2,200 (8.16)	190 (0.507)	190 (0.507)	375 (1.0)	40
	Gaseosos	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	190 (0.486)	190 (0.486)	375 (0.959)	
De 43,000 a 110,000 <i>308000</i>	Líquidos	NA	60 (0.085)	300 (0.426)	400 (0.568)	550 (2.04)	1,100 (4.08)	2,200 (8.16)	110 (0.294)	110 (0.294)	375 (1.0)	30
	Gaseosos	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	110 (0.281)	110 (0.281)	375 (0.959)	
Mayor de 110,000	Sólidos	NA	60 (0.090)	250 (0.375)	350 (0.525)	550 (2.16)	1,100 (4.31)	2,200 (8.16)	110 (0.309)	110 (0.309)	375 (1.052)	25
	Líquidos	NA	60 (0.085)	250 (0.355)	350 (0.497)	550 (2.04)	1,100 (4.08)	2,200 (8.16)	110 (0.294)	110 (0.294)	375 (1.0)	
	Gaseosos	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	110 (0.281)	110 (0.281)	375 (0.959)	

FIGURA 11

TABLA 6
MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE GASES DE COMBUSTIÓN

CAPACIDAD DEL EQUIPO DE COMBUSTIÓN MJ/h	PARÁMETRO	FRECUENCIA MÍNIMA DE MEDICIÓN	TIPO DE EVALUACIÓN	TIPO DE COMBUSTIBLE
Hasta 5,250 (147 C.C.)	Densidad de humo	1 vez cada 3 meses	puntual (3 muestras); mancha de hollín	líquido y gas
	CO ₂ , CO, O ₂ , N ₂	1 vez cada 3 meses	puntual (3 muestras); ver anexo 3	líquido y gas
	SO ₂	1 vez cada 3 meses	medición indirecta a través de certificados de calidad de combustibles que emita el proveedor	líquido
De 5,250 (147 C.C.) a 43,000 (1204 C.C.)	Partículas suspendidas totales	una vez por año	isocinético (mínimo durante 60 minutos); 2 muestras definitivas (2)	líquido
	NO _x	una vez por año	continuo (4); quimiluminiscencia o equivalente	líquido y gas
	SO ₂	una vez por año	medición indirecta a través de certificados de calidad de combustibles que emita el proveedor	líquido
	CO ₂ , CO, O ₂ , N ₂	diario	puntual (3 muestras); ver anexo 3 o equivalente	líquido y gas
De 43,000 a 110,000 (1204 a 3080 C.C.)	Partículas suspendidas totales	una vez por año	isocinético (mínimo durante 60 minutos); 2 muestras definitivas	líquido
	NO _x	una vez cada 6 meses	continuo (4); quimiluminiscencia o equivalente	líquido y gas
	SO ₂	una vez por año	medición indirecta a través de certificados de calidad de combustibles que emita el proveedor	líquido
	CO ₂ , CO, O ₂ , N ₂	una vez por turno	puntual (3 muestras); ver anexo 3 o equivalente	líquido y gas
Mayor de 110,000 (3080 C.C.)	Partículas suspendidas totales	1 vez cada 6 meses	isocinético (mínimo durante 60 minutos); 2 muestras definitivas	sólido, líquido y gas
	NO _x	permanente (3)	continuo (4); quimiluminiscencia o equivalente	sólido, líquido y gas
	O ₂	permanente	continua; campo magnético o equivalente, con registrador como mínimo o equivalente	líquido y gas
	SO ₂	una vez por año	medición indirecta a través de certificados de calidad de combustibles que emita el proveedor	sólido, líquido

NOTAS:

(1) Ver 6.1.1.4

(2) Ver 6.1.1.5

(3) El monitoreo continuo de NO_x será permanente en las zonas metropolitanas de las ciudades de México, Guadalajara y Monterrey; con una duración de cuando menos 7 días una vez cada tres meses en las zonas críticas; y con una duración de cuando menos 7 días una vez cada seis meses en el resto del país.

(4) Ver 4.13

frecuencia de las purgas para reducir la concentración de sales y lodos dentro de la caldera.

El tratamiento se divide en:

Externo.- A través del equipo suavizador, la dureza a la salida debe ser = 0 ppm.

El operador dentro de sus actividades toma muestra del agua a la salida del equipo suavizador y checa su dureza, si le marca algún valor, es el momento para regenerar la resina.

Interno.- Dosificación de productos químicos, puede ser en el tanque de condensados o directamente a la caldera. La cantidad y frecuencia la determina el experto en tratamiento de agua.

PURGAS DE LA CALDERA.- Normalmente se recomienda purgar la caldera mínimo cada turno (la frecuencia real la determina el experto en tratamiento de agua).

Purga de fondo.- Se hace de la siguiente manera:

- Teniendo la caldera con presión (normalmente la presión de trabajo), se sube el nivel del agua a la mitad de la mirilla de cristal con la bomba en posición manual.
- Se coloca la bomba de agua en posición de automático.
- Abrir primero la válvula de cierre rápido.
- después se abre la válvula de cierre lento.
- Se espera a que baje el nivel hasta que arranque la bomba de agua.
- Se cierra la válvula de cierre lento.
- Se cierra la válvula de cierre rápido.

Las demás purgas tardan aprox. 5 seg.

6.- CONTROL DE PRESIÓN LÍMITE.

Éste control es muy importante su funcionamiento correcto, en el ajustamos la presión de vapor a al cual va a trabajar la caldera. Tiene dos escalas, la principal es para delimitar la presión de paro del quemador de la caldera, la otra es la diferencial, se indica la presión a la cual enciende de nuevo el quemador.

7.- BITÁCORA.

Éste documento es muy útil ya que en el se lleva el historial de la caldera en cuanto a su operación y mantenimiento, desde que se arranca por primera vez.

En base a ese historial se puede formar un programa de mantenimiento preventivo para la caldera.

PARÁMETROS PARA ANOTAR EN UNA BITÁCORA POR TURNO

1. Fecha.
2. Hora.
3. Presión de vapor.
4. Temperatura de gases productos de la combustión.
5. Temperatura del agua de alimentación.
6. Temperatura de combustible (solo si se utiliza combustóleo):
 - En tanque de almacenamiento general
 - En tanque de día.
 - A la entrada del quemador
7. Presión de atomización con aire o vapor (comb. Líquido)
8. Presión de combustible (líquido):
 - A la salida de la bomba de alimentación
 - A la entrada del quemador
 - De retorno
9. Presión de combustible (gas):
 - En el tanque de almacenamiento (gas L.P.)
 - En alta presión regulada
 - En baja presión
10. Purgas: De fondo, columna de nivel, cristal de nivel, tren de controles y de superficie.
11. Tratamiento interno.
12. Tratamiento externo.
13. Consumo de combustible.
14. Pruebas de paro por: alta presión de vapor, bajo nivel de agua y falla de flama.

15. Mantenimientos rutinarios.
16. Análisis de gases.
17. Observaciones.
18. Nombre y firma del operador.

RECOMENDACIONES PARA EL CUIDADO DE LAS CALDERAS

Las calderas de prestigio indudablemente son construidas de acuerdo con el código ASME o alguna otra norma de fabricación de reconocida competencia. En forma similar, el quemador y controles son de marcas de prestigio. Consiguientemente la caldera que se tiene es digna de confianza en cuanto a la seguridad de su operación.

Sin embargo, la seguridad, confiabilidad y eficiencia de operación, solamente pueden conservarse con un programa básico de mantenimiento.

Se recomienda tener un programa de mantenimiento preventivo de acuerdo al tipo de caldera, combustible utilizado y régimen de trabajo.

A continuación se muestra un programa de mantenimiento preventivo descriptivo, más no limitativo.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

I.- DIARIO

1. Realizar las purgas de la caldera por lo menos cada ocho horas de operación.

2. Checar la dureza del agua después del suavizador para saber cuando hay que regenerar la resina. Después de un tiempo de operación se tendrá medida la frecuencia de ésta actividad.
3. Dosificación del tratamiento interno.
4. Si utiliza combustóleo limpiar la boquilla del quemador y el filtro de combustible.
5. Llenar la bitácora con los parámetros de operación.
6. Realizar una inspección ocular a la instalación completa para descubrir cualquier anomalía.
7. Mantener limpia la caldera, sus accesorios y la casa de máquinas.

II.- CADA OCHO DÍAS

1. Si utiliza diesel o gasóleo limpiar la boquilla del quemador y filtro.
2. Comprobar que no hay fugas de gases ni de aire en las juntas de ambas tapas y mirilla trasera.
3. Comprobar la tensión de la banda al compresor y/o ventilador en su caso.
4. Si utiliza atomización con aire limpiar el filtro del compresor.
5. Limpiar el electrodo de ignición del piloto de gas.
6. Apretar las conexiones del cable de ignición.
7. Si utiliza combustóleo, comprobar que los interruptores termostáticos del calentador del combustible operen a la temperatura a que fueron calibrados al hacer la puesta en marcha.
8. Inspeccionar los prensa estopas de la bomba de alimentación de agua.

9. Comprobar que la trampa del calentador de vapor opera correctamente (si se usa Combustóleo). La descarga va al drenaje.
10. Asegúrese que la fotocelda esté limpia, así como el conductor en donde se encuentra colocada.
11. Comprobar el voltaje y amperaje de los motores.

III.- CADA MES

1. Lavar el filtro que esta en la succión de la bomba de agua.
2. Si utiliza gas L.P. o natural limpiar el filtro de combustible.
3. Comprobar que los niveles de agua son los indicados:
 - 63 mm de nivel máximo.
 - 45 mm arranque de la bomba.
 - 38 mm corte por bajo nivel.
4. Comprobar el corte por bajo nivel de agua.- Bajando el interruptor de la bomba de alimentación, el agua al evaporarse irá disminuyendo el nivel, al llegar a 38 mm la caldera debe apagarse. En el caso de no apagarse, hay que parar inmediatamente la caldera e inspeccionar la cápsula de mercurio de tres hilos (en el control de nivel), así como también asegurarse de un correcto funcionamiento del flotador estando la columna exenta de lodos o acumulaciones.
5. Realizar la prueba por falla de flama.
6. Limpiar la malla del ventilador del sistema de aire.
7. Verificar el funcionamiento del piloto de gas.
8. Revisar el apriete del mecanismo de modulación

9. Checar el apriete de las conexiones del tablero de control.
10. Reengrasar los baleros de la bomba de agua.
11. Tirar ligeramente de la palanca de la(s) válvula(s) de seguridad para que escapen y evitar que se peguen en su asiento, ésta actividad se debe realizar estando la caldera a una presión no menor del 75% de la presión de trabajo.

IV.- CADA TRES MESES

1. Revisar la carburación del quemador de la caldera tomando lectura de los gases producto de la combustión.
2. Revisión del mecanismo y cápsulas de mercurio del control de nivel.
3. Las válvulas solenoide deben ser examinadas. Observe la flama cuando el quemador deba apagar. Si la flama no se apaga súbitamente en el momento preciso, puede significar falla o desgaste de la válvula solenoide. Reemplace la válvula para evitar serios problemas.

V.- CADA SEIS MESES

Estando la caldera fría realizar un servicio de limpieza general, el cual consiste en :

1. Retirar tubo del piloto de gas.
2. Retirar el quemador.
3. Destapar la caldera por ambos lados.

4. Retirar los empaques de ambas tapas y de las mamparas.
5. Limpiar los fluxes por el lado del hollín con un escobillón, que se debe de pasar a todo lo largo de los mismos.
6. Limpiar ambos espejos con un cepillo de alambre.
7. Se inspecciona el refractario del hogar, tapa intermedia y tapa trasera que no tenga grietas o que esté desprendido el material. Si es necesario se le aplica un resane.
8. Ya que está limpia por el lado de los gases se procede a hacer el lavado lado agua. Se tira toda el agua que tenga la caldera.
9. Estando completamente vacía, se retiran los registros de mano y el registro de hombre.
10. Se retira el tapón que esta en la entrada de agua a la caldera y los que tiene el control de nivel en sus cruces superior e inferior; además se retira la cabeza del control de nivel para descubrir el flotador.
11. Se retiran los controles de presión y el manómetro principal de vapor, dejando al descubierto la tubería del tren de controles.
12. A la descarga de la bomba de agua se instala una toma para conectar una manguera y se cierra la llave de alimentación de agua a la caldera.
13. Se arranca la bomba de agua, por la manguera saldrá un chorro de agua con cierta presión, se introduce ésta por cada uno de los registros con objeto de lavar los tubos flux por el lado del agua, todos los lodos saldrán por los registros inferiores y una vez que el agua sale clara indicará que ha quedado limpia.

14. Con el mismo procedimiento se limpia: el interior del control de nivel, la toma de alimentación de agua, la tubería del tren de controles y las cruces de la columna de nivel.
15. Cambiar el empaque del flotador de la columna de nivel, a los tornillos se les pone una mezcla de grafito con aceite para que no se peguen.
16. Cambio del tapón fusible (si la caldera lo tiene).
17. Colocar los controles de presión y el manómetro principal en el tren de controles.
18. Instalar los tapones macho de las cruces de la columna de nivel y de la entrada de alimentación de agua a la caldera, también se le pone la mezcla de grafito con aceite.
19. Cambio de la mirilla de nivel con sus empaques.
20. Cambio de empaques a los registros de mano y al registro de hombre, si son de asbesto se cubren con grafito.
21. Llenar la caldera con agua y realizar prueba hidrostática a la presión de operación para verificar que no haya fuga en los registros.
22. Tapar la caldera por ambos lados cambiando sus empaquetaduras, a todos los tornillos se les aplica la mezcla de grafito con aceite.
23. Colocar el quemador y conectar el piloto de gas.
24. Se tiene la caldera lista para su arranque y revisión de la carburación.
25. Prueba de la(s) válvula(s) de seguridad automáticamente.