

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE TECNOLOGIA

CARRERA DE ELECTROMECAÁNICA



**GUÍA DE MANTENIMIENTO DE CALDERAS
PIROTUBULARES**

Proyecto de grado presentado para la obtención del Grado de Licenciatura

POR: MIGUEL ANGEL SONCO CHOQUE

TUTOR: ING. VICTOR HUGO CISNEROS ESPINOZA

LA PAZ - BOLIVIA

2015

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios, por darme las fuerzas necesarias en los momentos en que más las necesité y bendecirme con la posibilidad de caminar a su lado durante toda mi vida.

A mis padres, como agradecimiento a su esfuerzo, amor y apoyo incondicional, durante nuestra formación tanto personal como profesional.

A mi asesor, el Ing. Víctor Hugo Cisneros Espinoza, quien me ha brindado su tiempo y conocimientos, sirviéndome de guía para la realización de este proyecto.

A la Facultad de Tecnología de la U.M.S.A. a la carrera de ELECTROMECAÁNICA, a su personal docente y administrativo que conjuntamente nos han ayudado a cumplir con este sueño de ser profesionales y de este modo ser de provecho a la sociedad para promover soluciones a sus problemas.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mi familia, quienes me acompañaron en cada momento.

Y con profundo cariño y respeto a mi padre Miguel Sonco Chiara cuyo recuerdo indeleble guardo en lo más profundo de mi ser, por sus sabios regaños, sus muchos consejos y los grandes valores que sembró en mi, y que a pesar de las adversidades, luchó siempre por apoyarme para salir adelante y a todos mis hermanos por el mutuo apoyo que siempre nos hemos brindado en los momentos más difíciles y a mi tutor por sus valiosas orientaciones para la realización de este trabajo.

GUÍA DE MANTENIMIENTO DE CALDERAS PIROTUBULARES

INDICE

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

Capítulo I	Generalidades	pag.
1.1	Introducción.....	6
1.2	Antecedentes.....	8
1.3	Planteamiento del problema.....	9
1.3.1	Identificación del problema.....	9
1.3.2	Formulación del problema.....	9
1.4	Objetivos.....	10
1.4.1	Objetivo general.....	10
1.4.2	Objetivos específicos.....	10
1.5	Justificación.....	11
1.6	Límites y alcances.....	11
Capítulo II	Marco Teórico	
2.1	Definición de caldera y clasificación.....	13
2.2	Tipos de caldera y elección de la caldera.....	18
2.3	Especificaciones técnicas de la caldera.....	23
2.3.1	Datos generales.....	23
2.3.2	Descripción del equipo.....	24
2.3.3	Características técnicas.....	25
2.4	Funcionamiento de una caldera.....	28
2.5	Calidad del agua para alimentar una caldera.....	35

Capítulo III	Ingeniería del proyecto	
3.1	Procedimiento de Operación de la caldera.....	46
3.2	Comprobaciones durante el funcionamiento de la caldera.....	53
3.3	Procedimientos de mantenimiento de la caldera.....	54
3.4	Partes esenciales de mantenimiento.....	58
3.5	Material y equipo para realizar el mantenimiento.....	89
3.6	Desarrollo del calendario de mantenimiento.....	90
3.7	Desarrollo del mantenimiento correctivo.....	95
Capítulo IV	Costos	
4.1	Costos de mano de obra.....	109
4.2	Costos de materiales para el mantenimiento.....	111
4.3	Otros costos.....	112
	Conclusiones y Recomendaciones	
•	Conclusiones.....	114
•	Recomendaciones.....	116
Anexos		
•	Gráficos.....	118
Bibliografía.....		126
Web grafía.....		127

GUÍA DE MANTENIMIENTO DE CALDERAS PIROTUBULARES

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN.

La caldera es el equipo básico de una instalación para producir vapor, y ciertamente el componente más costoso del conjunto, consta de la simple cámara para generar calor, la caldera, el fogón y sus estructuras. El vapor es ampliamente utilizado para calefacción para secar pastas, para evaporar disoluciones químicas, para procesos de calentamiento, para mover turbinas, máquinas y bombas; para realizar los miles y miles de procesos en todas las ramas de la industria. El vapor es utilizado en estos casos, simplemente porque existe una necesidad de calor y de energía al mismo tiempo, y el vapor es la manera más adecuada y económica de transportar grandes cantidades de calor y de energía.

Debido a la importancia que debe tener el mantenimiento dentro de la estructura de una industria, el presente trabajo es una guía de mantenimiento de calderas pirotubulares. Ya que la tecnología aumenta año con año en la industria por lo que se hace necesario optimizar los programas de mantenimiento. El presente trabajo visualiza el estudio y análisis de las actividades de mantenimiento de las calderas pirotubulares, se analiza las fallas principales de la caldera, y las ventajas de desarrollar un mantenimiento preventivo en las calderas pirotubulares.

Las calderas modernas se construyen según normas de fabricación de prestigio internacional, y están provistas de equipos automáticos de operación y seguridad, haciendo pensar a algunos usuarios que no requieren la atención de expertos. Por esta razón ponen sus unidades en manos de gente con poca experiencia que no siguen las buenas reglas de operación, en forma debida, y muchos de ellos se figuran que su caldera al ser completamente automática, esta completamente

protegida de accidentes, sin considerar que todo recipiente sujeto a presión y que se encuentre bajo fuego, es potencialmente peligroso, y sus controles automáticos no sustituyen a las reglas de seguridad.

Se puede aceptar tranquilamente las responsabilidades de una caldera con operación digna de confianza, pero la seguridad, confiabilidad, y eficacia en la operación solamente pueden conservarse con la aplicación de un programa básico de mantenimiento.

Es indiscutible que las calderas y recipientes sujetos a presión representan riesgos tanto en vidas como en fincas. Tan es así, que existen normas para su construcción y reglamentos para su instalación, operación y mantenimiento; todas ellas con la intervención de autoridades, agrupaciones de ingenieros, y compañía de seguros.

La confiabilidad de una caldera no depende exclusivamente de su fabricante, ya que este al cumplir con las normas de construcción universalmente reconocidas, salva totalmente su responsabilidad. El montador que observa los reglamentos y normas de instalación también puede olvidarse de los riesgos que presenta una caldera, pero la persona que la opera tiene una alta responsabilidad permanente, y nunca puede dejar de pensar en los cuidados a seguir para mantener condiciones óptimas de seguridad.

La finalidad de esta Guía es ayudarlo a obtener la mayor duración posible de su caldera pirotubular, se exponen los tipos más comunes de fallas y sus causas, las ilustraciones sirven para guiar al operador en los procedimientos correctos de mantenimiento.

El mantenimiento en calderas debe ser una actividad rutinaria, muy bien controlada en el tiempo, y por lo tanto; el desarrollar un programa de mantenimiento permite que la caldera funcione con un mínimo de paradas en producción, minimiza costos de operación y permite un funcionamiento seguro.

El mantenimiento en calderas puede ser de tres tipos:

- ✓ Predictivo
- ✓ Preventivo
- ✓ Correctivo

Es por esta razón que la presente Guía de Mantenimiento reúne información bibliográfica y experiencias de personas que tienen un contacto cotidiano con la operación de calderas esperando que este material sirva como un manual de apoyo para el mantenimiento de calderas pirotubulares.

1.2 ANTECEDENTES.

Al considerarse al vapor como la principal fuente de energía térmica y la más económica en la mayoría de los procesos industriales a nivel mundial, estaríamos hablando directamente de sus máquina generadora conocida como caldera. Al momento el personal que manipula el caldero es Profesional, es idónea y conoce en detalle el funcionamiento del equipo, sin embargo por eventualidades del trabajo y múltiples requerimientos propios del proceso productivo, en ciertas ocasiones lo maniobran el personal de Planta y obreros, quienes no cuentan con la suficiente preparación para la operación y mantenimiento del caldero.

Actualmente en las industrias son pocas las empresas que cuentan con un programa adecuado de mantenimiento de las calderas pirotubulares. En muchas industrias se puede observar muchas deficiencias, por ejemplo; el descuido del lado del agua, ya que la dureza del agua de la ciudad de La Paz no es la ideal para una caldera, el mantenimiento deficiente del quemador y entre otros.

A fin de evitar los inconvenientes anteriormente señalados, se ve la necesidad de proveer una Guía de Mantenimiento que cumpla con todos los parámetros y requerimientos, convirtiéndose en un material de apoyo necesario al momento de iniciar el mantenimiento de su caldera.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.3.1 Identificación del problema.

Actualmente en las industrias no se aplican los principios de mantenimiento adecuado para las calderas, esto ocasiona pérdidas económicas. Una avería en una caldera de vapor de agua puede provocar no sólo un accidente de gran envergadura con la consabida afectación a la productividad, las instalaciones, el medio ambiente y a terceras personas, sino también a la salud o a la propia vida del trabajador que la opera.

Al no tener un correcto control del funcionamiento del caldero podremos tener:

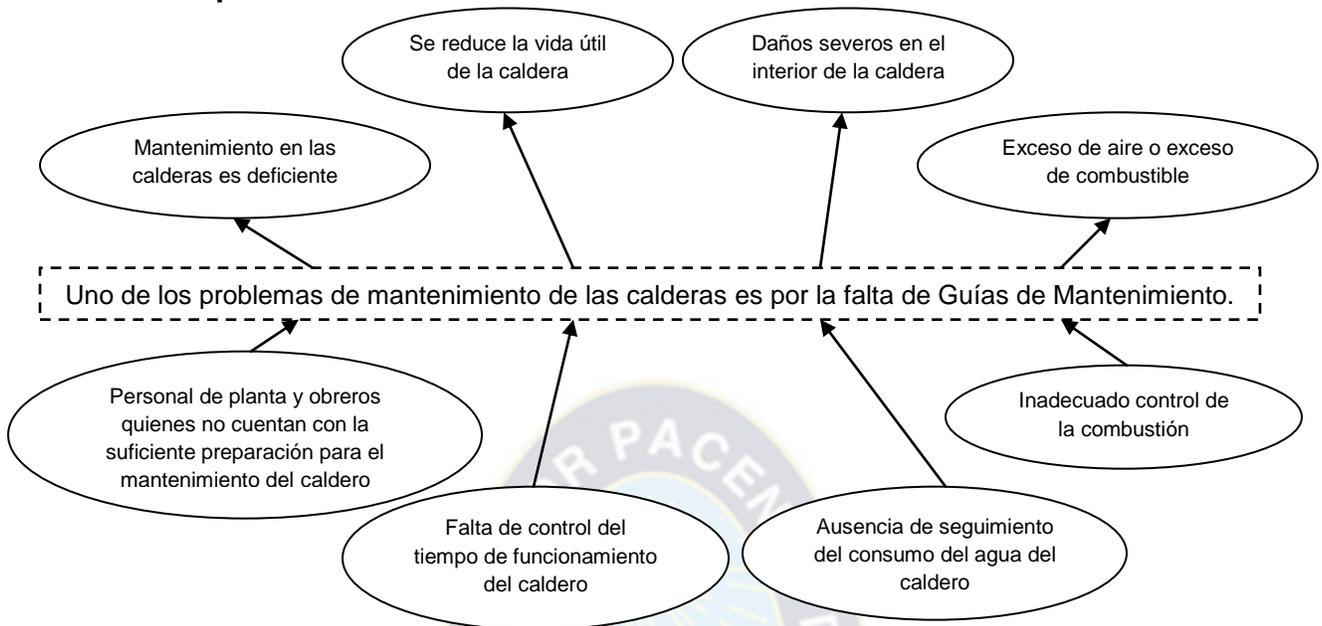
- Deterioro de partes y piezas.
- Daño parcial o total del caldero.
- Gasto en materiales para la reposición y mano de obra.
- Mal funcionamiento del caldero.

Por lo tanto se podría producir pérdidas o daños irreparables en el caldero y en el personal, así como una fuerte reinversión para la adquisición de un nuevo caldero.

1.3.2 Formulación del problema.

El problema es que el mantenimiento que se realiza para los calderos pirotubulares en algunas industrias es deficiente, y una de las causas es la falta de una Guía de Mantenimiento, lo cual con lleva a los encargados de la mantención a realizar un gran número de acciones correctivas.

Árbol del problema.



1.4 OBJETIVOS.

1.4.1 Objetivo General.

Diseñar una Guía de Mantenimiento preventivo y correctivo para calderas pirotubulares.

1.4.2 Objetivos Específicos.

- Identificar las posibles fallas en las calderas y su ubicación.
- Establecer la relación entre las fallas más frecuentes con las prácticas operacionales.
- Detectar las causas de fallas prematuras en una caldera y los métodos convencionales de prevención de fallas.
- Establecer los tiempos en los que se realizará el mantenimiento preventivo en la caldera.
- Elaborar la guía de mantenimiento de calderas pirotubulares.

1.5 JUSTIFICACIÓN.

La necesidad de un buen mantenimiento en una caldera se debe a que no es posible tener pérdidas de tiempo prolongadas, por ejemplo en el momento de estar desarrollando un proceso en la industria en donde cada día el trabajo perdido representa una gran cantidad de dinero.

Las necesidades humanas se pueden satisfacer solamente a través del crecimiento industrial y esto se apoya grandemente en las empresas generadoras de electricidad y otras empresas de procesos. El vapor se utiliza en casi todas las industrias; los generadores de vapor, calderas recuperadoras de calor son vitales para las plantas de potencia y de proceso. Es por ello que las calderas forman una parte esencial de cualquier planta de potencia o sistema de cogeneración.

Es por esta razón que se requiere tener a disposición una guía de mantenimiento de calderas pirotubulares, siendo el propósito del presente proyecto la elaboración de esta guía de mantenimiento de calderas pirotubulares, realizando un buen trabajo de mantenimiento.

1.6 LIMITES Y ALCANCES.

Se consideran alcances de este proyecto los siguientes:

- Prolongar la vida útil de la caldera.
- Elaborar un plan de mantenimiento que tenga como fin reducir las reparaciones o fallas imprevistas.

Se consideran límites de este proyecto los siguientes:

- Esta guía de mantenimiento no es recomendado para las calderas acuotubulares es solo para las calderas pirotubulares de gran capacidad como ser las horizontales.
- Está guía se desarrollará con la finalidad de extender lo más ampliamente posible su utilidad para calderas del tipo tubos de humo de la marca INGPROCON Lorini; el equipo referido en este estudio, es una caldera de una Capacidad Calorífica: 701.350 Kcal/h, con capacidad para generar 1000 Kg/h de Vapor y una Presión de trabajo de 10Bar. Así como también, sirva como un documento de apoyo para el mantenimiento de cualquier otra marca y tipo de caldera pirotubular.



2.1 Definición de Caldera y Clasificación.

Definición de Caldera.

Caldera es un recipiente metálico, cerrado, destinado a producir vapor o calentar agua, mediante la acción del calor a una temperatura superior a la del ambiente y presión mayor que la atmosférica o mediante la aplicación de calor generado por combustibles, electricidad o energía nuclear.

El vapor se genera a través de una transferencia de calor a presión constante, en la cual el fluido, originalmente en estado líquido, se calienta y cambia de estado, el calor procedente de cualquier fuente de energía, se transforma en energía utilizable, a través de un medio de transporte en fase líquida o vapor. Las calderas son un caso particular de intercambiadores de calor, en las cuales se produce un cambio de fase. Además son recipientes a presión, por lo cual son construidas en parte con acero laminado a semejanza de muchos contenedores de gas.

Debido a las amplias aplicaciones que tiene el vapor, principalmente de agua, las calderas son muy utilizadas en la industria para generarlo para aplicaciones como:

- **Esterilización**, es común encontrar calderas en los hospitales, las cuales generan vapor para esterilizar los instrumentos médicos, también en los comedores con capacidad industrial se genera vapor para esterilizar los cubiertos.
- **Calentar otros fluidos**, por ejemplo, en la industria petrolera se calienta a los petróleos pesados para mejorar su fluidez y el vapor es muy utilizado.
- **Generar electricidad**, a través de un ciclo Rankine. Las calderas son parte fundamental de las centrales termoeléctricas.

Es común la confusión entre **caldera** y generador de vapor, pero su diferencia es que el segundo genera **vapor sobrecalentado**.

Por lo general las calderas en función de su uso, se subdividen en cuatro: residencial, comercial, industrial y de servicios públicos.

Calderas residenciales: producen vapor a baja presión o agua caliente, sobre todo para aplicaciones de calefacción en residencias privadas.

Calderas comerciales: producen vapor o agua caliente, sobre todo en aplicaciones de uso comercial, y en ciertas ocasiones en operaciones de procesos.

Calderas industriales: producen vapor o agua caliente, ante todo en aplicaciones de procesos y algunas veces para calefacción.

Calderas de servicios públicos: producen vapor que normalmente se usa para generar electricidad.

Las calderas de vapor, constan básicamente de 2 partes principales:

1. Cámara de agua. Es el espacio que ocupa el agua en el interior de la caldera; allí es donde se separa el vapor del agua para lograr posteriormente la suspensión. El nivel de agua se fija en su fabricación, de tal manera que sobrepase en unos 15 cm por lo menos a los tubos o conductos de humo superiores. Cuanto más variable es el consumo del vapor, mayor será el volumen de la cámara; con esto, a toda caldera le corresponde una cierta capacidad de agua, lo cual forma la cámara de agua. Según la razón que existe entre la capacidad de la cámara de agua y la superficie de calefacción, se distinguen calderas de gran volumen, mediano y pequeño volumen de agua.

Las calderas de gran volumen de agua mantienen estable la presión del vapor y el nivel del agua, pero son muy lentas a la hora de encenderlas y, por su reducida superficie, producen poco vapor, son las más sencillas y de construcción antigua, se componen de uno a dos cilindros unidos entre sí y tienen una capacidad superior a 150 lts de agua por cada m² de superficie de calefacción.

Las calderas de mediano volumen de agua están provistas de varios tubos de humo y también de algunos tubos de agua, con lo cual aumenta la superficie de calefacción, sin aumentar el volumen total del agua.

Las calderas de pequeño volumen de agua son rápidas para generar vapor pero requieren de un especial cuidado en su alimentación y regulación del fuego. Están

formadas por numerosos tubos de agua de pequeño diámetro, con los cuales se aumenta considerablemente la superficie de calefacción.

Como características importantes podemos considerar que las calderas de gran volumen de agua tienen la cualidad de mantener más o menos estable la presión del vapor y el nivel del agua, pero tienen el defecto de ser muy lentas en el encendido, y debido a su reducida superficie producen poco vapor. Son muy peligrosas en caso de explosión y poco económicas.

Por otro lado, la caldera de pequeño volumen de agua, por su gran superficie de calefacción, es muy rápida en la producción de vapor, tiene muy buen rendimiento y produce grandes cantidades de vapor.

Debido a esto requieren especial cuidado en la alimentación del agua y regulación del fuego, pues de faltarles alimentación, pueden secarse y quemarse en breves minutos.

2. Cámara de vapor. Es el espacio ocupado por el vapor en el interior de la caldera, en ella debe separarse el vapor del agua de suspensión. Cuanto más variable sea el consumo de vapor, tanto mayor debe ser el volumen de esta cámara, de manera que aumente también la distancia entre el nivel del agua y la toma de vapor.

Adicionalmente un sistema de generación de vapor tiene:

- Válvulas de seguridad.
- Válvulas reguladoras de flujo.
- Bomba de alimentación.
- Tanque de condensados.
- Trampas de vapor.
- Redes de distribución.
- Equipos consumidores.
- Sistemas de recuperación de calor.

Clasificación de Calderas.

La clasificación general de las calderas sería la siguiente:

1. Por su configuración:

- Vertical.
- Horizontal.

2. Según su movilidad o instalación:

- Fija o estacionaria.
- Móvil o portátil.

3. Atendiendo a la circulación de los gases:

- Recorrido en un sentido (de un paso).
- Con retorno simple (de dos pasos).
- Con retorno doble (de tres pasos).

4. Con respecto a su forma de calefacción:

- Cilíndrica sencilla de hogar exterior.
- Con un tubo hogar (liso o corrugado).
- Con dos tubos hogares (liso o corrugado).
- Con tubo Galloway (calderas horizontales o verticales).
- Con tubos múltiples de humo (igneotubulares o pirotubulares).
- Con tubos múltiples de agua (hidrotubulares o acuotubulares).
- Con tubos múltiples de agua y tubos múltiples de humo (acuopirotubular o mixtas).

5. Según la presión de trabajo:

- Baja presión. 0 a 2,0 kg/cm²
- Media presión. 2,0 a 10 kg/cm²
- Alta presión. 10 a 225 kg/cm²
- Supercríticas. más de 225 kg/cm²

6. Según su generación:

- De agua caliente.
- De vapor saturado o recalentado.

7. Según el ingreso de agua a la caldera:

- Circulación natural: el agua se mueve por efecto térmico.
- Circulación forzada: el agua circula mediante el impulso de una bomba.

8. Por el mecanismo de transmisión de calor dominante:

- Convección.
- Radiación.
- Radiación y Convección.

9. Por el combustible empleado:

- Combustibles sólidos.
- Combustibles líquidos.
- Combustibles gaseosos.
- Combustibles especiales(licor negro, bagazo,etc.).
- De recuperación de calor de gases.
- Mixtas.
- Nucleares.

10. Por el tiro:

- **De tiro natural.** Es una corriente de aire ascendente ocasionada por la diferencia de densidades del aire caliente contra el frío de la atmósfera. En las calderas antiguas se requería que la chimenea tuviera una gran altura, para crear un tiro natural.
- **De tiro inducido.** Extrae los gases de la cámara de combustión y los expulsa hacia la chimenea, pero el inconveniente que tiene es que el ventilador que extrae el aire de la cámara se encuentra trabajando en una zona conflictiva por la elevada temperatura, donde hay gases corrosivos y sólidos como ceniza, que pueden llegar a estropear las paletas de los ventiladores, lo que requiere un mantenimiento frecuente, por ello; su utilización no es muy usual. Este sistema ya no requiere una chimenea alta.
- **De tiro forzado.** Este sistema hace entrar aire a la caldera por medio de ventiladores. Este es el quemador más usual, debido a que además de controlar la mezcla aire-combustible, las partes metálicas del ventilador trabajan frías.

11. Por el modo de gobernar la operación:

- De operación manual.
- Semiautomáticas.
- Automáticas.

2.2 Tipos de caldera y elección de la caldera.

Tipos de calderas.

Según la circulación del agua y de los gases en la zona de tubos o por la disposición de los fluidos, existen 2 grandes tipos de diseño en calderas industriales:

- Piro-tubulares o de tubos de humo.
- Acuotubulares o de tubos de agua.

Tubos de humo (pirotubulares): en este tipo de calderas el fluido en estado líquido se encuentra en un recipiente, y rodea a los tubos, por donde circula fuego y gases producto de un proceso de combustión. Generalmente tiene un hogar integral, llamado caja de fuego, limitado por superficies enfriadas por agua.

Las calderas en su configuración interna presentan tuberías para el transporte de los fluidos, las cuales pueden ser de 1, 2, 3, ó 4 pasos.

El 95% de las calderas de vapor en forma industrial, son del tipo tubos de humo. La caldera de tubos de humo, que viene siendo el caballo de batalla, en la generación de vapor a nivel industrial, tiene sus limitantes en cuanto a capacidades (máximo 1500 CC) y a sus presiones de operación (máximo 20Kg/cm²).

La caldera pirotubular fija con tubos de retorno horizontales (HRT) es una combinación de parrilla, altar refractario, puertas de carga, cenicero y cámara de combustión. Las superficies interiores de las paredes del hogar están revestidas de refractario. Los gases calientes pasan por encima del altar y lamen todo el fondo de la caldera, volviendo a la parte frontal de esta por el interior de los tubos.

Finalmente los productos de la combustión pasan a la chimenea. Estas calderas con tubos de retorno se utilizan en pequeñas centrales industriales debido a sus pequeñas capacidades de producción de vapor, presiones limitadas y baja velocidad de producción de vapor.

La caldera de vapor pirotubular está concebida especialmente para aprovechamiento de gases de recuperación y presenta las siguientes características:

El cuerpo de caldera, está formado por un cuerpo cilíndrico de disposición horizontal, incorpora interiormente un paquete multitubular de transmisión de calor y una cámara superior de formación y acumulación de vapor.

La circulación de gases se realiza desde una cámara frontal dotada de brida de adaptación, hasta la zona posterior donde termina su recorrido en otra cámara de salida de humos.

El acceso al cuerpo por el lado de los gases, se realiza mediante puertas atornilladas y abisagradas en la cámara frontal y posterior de entrada y salida de gases, equipadas con bridas de conexión. En cuanto al acceso, al lado del agua se efectúa a través del registro hombre, situado en la bisectriz superior del cuerpo y con tubuladuras de gran diámetro en la bisectriz inferior y placa posterior para facilitar la limpieza de posible acumulación de lodos.

El conjunto completo, con sus accesorios, se asienta sobre un soporte deslizante y bancada de sólida y firme construcción suministrándose como unidad compacta y dispuesta a entrar en funcionamiento tras realizar las conexiones de instalación.

La caldera, una vez realizadas las pruebas y comprobaciones reglamentarias y legales por una Entidad Colaboradora de la Administración, se entrega adjuntando un "Expediente de Control de Calidad" que contiene todos los certificados y resultados obtenidos.

Cuando se requiere de un tamaño mayor, es conveniente, si es posible, dividir la capacidad de caldera requerida, en 2 ó más calderas de tubos de humo, o definitivamente, elegir una caldera de tubos de agua; si se requiere de una presión mayor.



Figura 1. Vista interna de la caldera pirotubular.

Fuente: Manual de operación, servicio y partes *CLEAVER-BROOKS*.

Características:

- Sencillez en su construcción.
- Facilidad en su inspección, reparación y limpieza.
- Gran peso.
- La puesta en marcha es lenta.
- Gran peligro en caso de explosión y ruptura.

Ventajas:

- Menor costo inicial debido a la simplicidad de su diseño.
- Mayor flexibilidad de operación.
- Menores exigencias de pureza en el agua de alimentación.
- Son pequeñas y eficientes.

Inconvenientes:

- Mayor tiempo para subir presión y entrar en funcionamiento.
- No son utilizables para altas presiones.

Tubos de agua (acuotubulares): son aquellas en las que el agua a ser calentada se desplaza dentro de los tubos, que se encuentran rodeados por la flama y los gases de combustión. Son las más utilizadas en las centrales termoeléctricas, ya que permiten altas presiones a su salida, y gran capacidad de generación.

En estas calderas el agua está dentro de los tubos ubicados longitudinalmente en el interior y se emplean para aumentar la superficie de calefacción, los mismos están

inclinados para que el vapor a mayor temperatura al salir por la parte más alta provoque un ingreso natural del agua más fría por la parte más baja.

La llama se forma en un recinto de paredes tubulares que configuran la cámara de combustión. Soporta mayores presiones, pero es más cara, tiene problemas de suciedad en el lado del agua, y menor inercia térmica. Las calderas acuotubulares eran usadas en centrales eléctricas y otras instalaciones industriales, logrando con un menor diámetro y dimensiones totales una presión de trabajo mayor.



Figura 2. Caldera Acuotubular.

Fuente: Catálogo babcock-wanson.

Características:

- La caldera de tubos de agua tiene la ventaja de poder trabajar a altas presiones, dependiendo del diseño llegan hasta 350psig.
- Se fabrican en capacidades de 20HP hasta 2000 HP.
- Por su fabricación de tubos de agua es una caldera inexplosible.
- La eficiencia térmica está por arriba de cualquier caldera de tubos de humo, ya que se fabrican de 3, 4 y 6 pasos dependiendo de la capacidad.
- El tiempo de arranque para la producción de vapor a su presión de trabajo es mínimo.
- El vapor que produce una caldera de tubos de agua es un vapor seco, por lo que en los sistemas de transmisión de calor existe un mayor aprovechamiento.

Ventajas:

- Pueden ser puestas en marcha rápidamente.
- Trabajan a 300 o más psi.

Inconvenientes:

- Mayor tamaño y peso, mayor costo.
- Debe ser alimentada con agua de gran pureza..

Elección de la caldera.

Evidentemente, la mejor elección se podrá realizar solo con la asesoría de un experto. Sin embargo, se pueden recomendar básicamente seis criterios, para ser considerados al momento de seleccionar una caldera, con el único propósito de cumplir con los requerimientos de la aplicación.

Estos criterios son:

1. Requerimientos de códigos y normas.
2. Vapor o agua caliente.
3. Carga de la caldera.
4. Número de calderas.
5. Consideraciones de funcionamiento.
6. Consideraciones especiales.



Figura 3. Caldera pirotubular de ILLAMPU TEXTIL S.R.L.

2.3 Especificaciones técnicas de la caldera.

2.3.1 Datos generales.

MARCA:	INGPROCON Lorini S.R.L.
CAPACIDAD CALORÍFICA:	701.350 (Kcal/h)
CAPACIDAD:	1000 Kg/h Vapor
PRESIÓN TRABAJO:	10(BAR)
SUPERFICIE DE RADIACIÓN A:	40 m ²

Provisto de los siguientes instrumentos y equipos:

- Manómetro principal de presión de vapor.
- Válvulas de seguridad.
- Columna de nivel de agua con cristal de nivel y juego de llaves de bronce.
- Alarma por bajo nivel.
- Interruptores de seguridad.
- Revestimiento aislante exterior.

QUEMADOR AUTOMATICO.

Marca: INGPROCON Lorini S.R.L.

Con el siguiente equipo:

- Motor del quemador WEG de 2HP-2850 rpm.
- Turbina de la soplante.
- Programador encendido BRAHMA, tipo MF2.
- Focélula marca BRAHMA, tipo UV1
- Transformador de encendido BRAHMA tipo T11.



Figura 4. Quemador de la Caldera de ILLAMPU TEXTIL S.R.L.

2.3.2 Descripción del equipo.

Chimenea.

La chimenea esta construida con lámina negra e incluye faldón bota aguas y sombrero de protección e incluye una mano de pintura anticorrosiva por fuera.

Equipo de bombeo agua de alimentación a la caldera.

El equipo de bombeo está acoplado a motor eléctrico, incluye arrancador magnético, filtro para la succión y manómetro de 64 mm, de 0 a 21 kg/cm².

Lote de válvulas

- Una válvula principal de vapor.
- Válvulas de alimentación de agua.
 - ✓ 1 Válvula de globo.
 - ✓ 2 Válvulas de retención.
- Válvulas de purga.
 - ✓ 1 Válvula de cierre rápido.
 - ✓ 2 Válvulas de cierre lento.

Tablero de control integrado a la caldera.

Programador integrado, interruptor para motor del ventilador, alarma sonora por falta de flama, alarma sonora por bajo nivel de agua, control límite de presión de vapor y luces indicadoras de funcionamiento. El transformador de ignición se encuentra instalado en la tapa frontal de la caldera.

Tanque de retorno de condensados.

Incluye base estructural de sustentación, cristal de nivel para observación, control de nivel para flotador (McDonell), tubo de distribución para retorno de alta presión colocado en el interior del tanque, válvulas de salida y de purga, coples de ventilación y admisión de condensados de baja presión.

Equipo de suavización de agua.

Consiste en una columna de suavización y un tanque para salmuera con saturador. Una válvula manual de tres pasos para controlar los servicios de retrolavado y regeneración con una sola palanca.

Se incluye una válvula para salmuera, una para muestreo del agua, manómetro de control y tubería completa desde la admisión hasta la salida del equipo.

Tramites de licencia.

La caldera cuenta con el permiso y pago de derechos correspondiente a su instalación, plano confeccionado según el reglamento de calderas y recipientes sujetos a presión, aprobado por las autoridades correspondientes.

2.3.3 Características Técnicas.

Cuatro pasos de los gases de combustión.

Este es el mayor número de pasos que se ha logrado, desde las antiguas calderas de un solo paso de recorrido de los gases de combustión hasta las modernas, y como consecuencia se obtiene un mucho mayor recorrido de los gases, lo que permite una mayor transferencia de calor, permitiendo rendimientos siempre mayores al 80%.

Los gases en el interior están cambiando de dirección, desde la parte frontal a la parte posterior y viceversa, hasta llegar a la chimenea y ser expulsados, la caldera puede tener hasta cuatro cambios de dirección de los gases residuos de la combustión a los que se les denomina PASOS.

El primer paso constituye el ducto donde se realiza la combustión (hogar).

El segundo, tercero, y cuarto paso están integrados por, un grupo de tubos. En estos calderos se mantiene una velocidad de los gases calientes de la combustión alta y continua reduciendo paulatinamente el área equivalente de cada paso, como se ve en la figura 5.

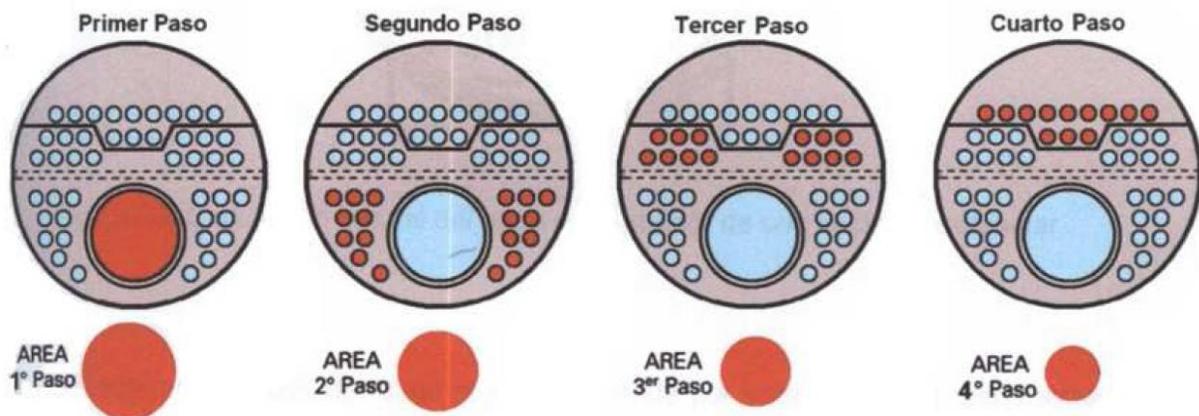


Figura 5. Áreas totales de los diferentes pasos en una caldera pirotubular de 4 pasos.

Fuente. SPIRAX/SARCO Principios básicos de la ingeniería del vapor.

Como los gases calientes atraviesan los cuatro pasos, transfieren calor al agua de la caldera se van enfriando paulatinamente, y ocupan menos volumen a medida que progresan por los diferentes pasos. El número de tubos se reduce proporcionalmente para mantener la velocidad elevada de los gases y estos no se queden en el interior de la misma, evitando que la caldera se ahogue.

Cuanto más pasos de gases puedan existir, mejor es el aprovechamiento de la temperatura de los gases de la combustión; hoy en la actualidad 4 es un límite práctico.

Circulación del agua

Formación de las corrientes convectoras: El agua al calentarse pierde densidad y tiende a elevarse hacia la parte superior del recipiente, inversamente el agua fría tiene mayor densidad y baja hacia el fondo. Cuando el agua llega al punto de ebullición se forma pequeñas burbujas de vapor, estas son arrastradas por la circulación del agua, como el vapor es más ligero que el agua, se elevarán rápidamente y este movimiento ocasiona la turbulencia y circulación.



Figura 6. Circulación natural del agua en el interior de una caldera pirotubular.
Fuente. SPIRAX/SARCO Principios básicos de la ingeniería del vapor.

En las calderas de tubos de fuego el agua asciende por entre los tubos, generalmente con mayor rapidez en la parte posterior que en la frontal. El agua más fría baja a lo largo de la pared del cuerpo, para luego subir rodeando el tubo del hogar y completar el ciclo. En las calderas pirotubulares pequeñas la circulación del agua es mejor debido a la drástica reducción de volumen.

Velocidad constante de los gases de la combustión.

Para conservar el alto coeficiente de conductividad térmica, se va reduciendo el número de tubos en cada uno de los pasos, manteniendo constante la velocidad de los gases a medida que van enfriándose y disminuyendo su volumen.

Estampados ASME.

El estampado indica que los equipos son supervisados por los inspectores respectivos y se les asigna un número de serie, el cual queda registrado en las sedes internacionales de esos organismos.

Hogar debajo de la línea de centros.

Con la baja colocación del hogar respecto a la línea de centros de la caldera, la distancia entre la superficie de agua y la parte más alta del hogar es mayor, con lo que aumenta el margen de seguridad.

Los gases más fríos (cuarto paso) se encuentran más cercanos a la superficie del agua, evitando el espumeo y con ello el arrastre de agua del vapor, obteniendo este último con una mayor calidad (vapor más seco).

Puertas totalmente abisagradas.

Solo se requiere retirar unos cuantos pernos para abrir las dos puertas de la caldera, quedando totalmente accesible para su mantenimiento. No se requiere desconectar tolvas de aire, motores, ventiladores, etc.; basta cerrar otra vez y volver a arrancar la caldera.



Figura 7. Miguel Sonco Pasante abriendo la puerta de la Caldera piro-tubular de ILLAMPU TEXTIL S.R.L.

Sus puertas frontal y trasera abisagradas y con pescante, proporcionan un rápido acceso para inspección, limpieza o mantenimiento. Esto reduce el tiempo de mantenimiento de horas a minutos, lo que permite reducir sus costos de mantenimiento y brinda mayor seguridad para el personal.

2.4 Funcionamiento de una caldera.

Fuego. El proceso de combustión es de gran importancia en la operación de las calderas, debe ser lo más óptimo posible en cuanto a su consumo y además amigable con el medio ambiente.

Para que se de el proceso de combustión es necesario que exista un combustible, un comburente (aire) y un agente externo que produzca la ignición (chispa), cuando esto ocurre se da una reacción química del combustible con el oxígeno, para producir gases de combustión y liberar energía en forma de trabajo y calor, la cual es aprovechada en las calderas para evaporar el agua.

Los combustibles más comunes son:

Sólidos	Líquidos	Gaseosos
Carbón(mineral y vegetal), leña, aserrín y bagazo de caña.	Combustóleo(chapopote), gasóleo, y diesel.	Gas natural y gas LP.

Para la operación de calderas resulta mucho más económica la utilización de combustóleo, después el gas natural, finalmente el diesel. Cabe señalar que los combustibles gaseosos resultan más limpios y eficientes que los líquidos, pero los requerimientos en medidas de seguridad para su manejo son mayores.

Agua. El agua obtenida de ríos, pozos y lagos es denominada agua bruta y no debe utilizarse directamente en una caldera. El agua para calderas debe ser tratada químicamente mediante procesos de descarbonatación o ablandamiento, o desmineralización total, adicionalmente, según la presión manejada por la caldera, es necesario controlar los sólidos suspendidos, sólidos disueltos, dureza, alcalinidad, sílice, material orgánico, gases disueltos (CO_2 y O_2), de no llevarse a cabo este tipo de tratamiento, la caldera sufrirá problemas de incrustaciones, sedimentación, desgaste por material particulado, etc.

Superficie de intercambio de calor. La tubería por la que circulan los gases en las calderas pirotubulares o el agua en las acuotubulares, es fundamental para una eficiente transferencia de calor.

De la buena combustión y tratamiento de agua, así como de las características físicas del material de intercambio de calor depende que el flujo de energía de los gases de combustión hacia el agua sea lo más eficiente posible.

Controles para el manejo y seguridad.

a) Controles para manejo y seguridad de agua (calderas pirotubulares)

Control de nivel por flotador. Sistema que habilita el contactor de la bomba por medio de un interruptor para controlar el agua en la caldera.

Control de nivel (Auxiliar) Warrick. Se acciona cuando el control de flotador falla debido a que posee un electrodo que al dejar de censar agua, protege la caldera por bajo nivel de agua inhabilitando el quemador.

Es importante saber, en caso de detectar el nivel de agua por debajo de la mitad del volumen total, no suministrar agua fría a la caldera porque implotaría por choque térmico brusco.

Las implosiones en calderas ocurren generalmente cuando el flujo de agua de entrada para producir vapor no ingresa al equipo, ocasionando un sobrecalentamiento excesivo y el colapso del material.



Figura 8. Caldera pirotubular inhabilitada de ILLAMPU TEXTIL S.R.L.

b) Controles para manejo y seguridad combustible.

Componen un sistema de manejo de combustible:

Dispositivo	Función
Filtro	Protección de cuerpos extraños.
Bomba	Mecanismo de transporte.
Pre calentador eléctrico y a gas	Elevar la temperatura del combustible.
Válvula deaeradora	Sacar el aire en el pre calentador eléctrico.
Válvula termostática	Si baja la temperatura del combustible se abre (localizada a la entrada del calentador de vapor).
Válvula reductora	Reduce la presión de vapor de la línea al pre calentador según lo requerido por éste.
Trampa de vapor	Desalojar los condensados a la salida del pre calentador.
Manómetro y termómetro	Muestran presión de atomización y temperatura (se instalan después del filtro).
Válvula modulante	Regula la presión y la cantidad de combustible al quemador principal.
Válvulas solenoides	Abren y cierran el flujo de combustible.

c) Controles para manejo y seguridad en la atomización aire-vapor.

Pressuretrol. Es el dispositivo que controla la existencia de atomización, cerrando o abriendo las válvulas solenoides del sistema de combustión.

d) Controles para manejo y seguridad aire combustión.

Control que garantiza la existencia de flujo de aire y habilita el control de combustión, para que siga la secuencia de encendido.

e) Controles para manejo y seguridad de calderas moduladas.

¿Qué es un sistema modulado ?

Sistema que permite aumentar o disminuir la generación de vapor, variando la cantidad de combustible en el quemador. Un sistema modulado varía la energía producida por la combustión según la demanda de vapor que los elementos consumidores requieran. Esta modulación debe conservar las proporciones de aire y combustible para lograr una combustión eficiente con bajos niveles de contaminación por residuos.

La secuencia de modulación consiste en:

1. Censa presión de vapor.
2. Percibida por sensor (Pressuretrol).
3. Envía señal eléctrica a motor modulador (Modutrol).
4. El modulador (Modutrol) acciona el regulador de aire y la válvula reguladora de combustible mecánicamente.

f) Controles para manejo y seguridad del regulador (damper) de tiro forzado.

El damper es manejado mecánicamente por el motor modulador (Modutrol), garantiza que la caldera no encienda en una posición distinta a bajo fuego, de lo contrario provocaría explosiones en el encendido por exceso de aire y combustible (encendido brusco).

g) Controles para manejo y seguridad de llama.

El control de combustión permite que se produzca y sostenga la llama. El sistema tiene una secuencia de encendido y operación automática para habilitar o deshabilitar el sistema de combustión, mediante el censo de variables como: existencia de llama, presión de atomización, demanda necesaria, etc.

h) Controles para manejo y seguridad de tanque de condensados.

Para controlar el nivel de fluido en los tanques de condensado se usan válvulas flotador, es aconsejable utilizar controladores de nivel Warrick, electrodos y válvulas solenoides, para incrementar la seguridad.

i) Controles para manejo y seguridad en el tanque diario de combustible.

Se usan como recipiente de calentamiento de fuel oil para ser manejado fácilmente por la bomba y apresurar la elevación de temperatura en el precalentador.

Deben ser provistos de :

- Control de nivel.
- Control de temperatura.
- Bomba de trasiego.
- Termómetro.
- Resistencia eléctrica.
- Venteo.
- Drenaje.
- Entrada y salida de combustible.

j) Control para seguridad de gas en chimenea.

Es un termómetro ubicado a la salida de los gases, el cuál es enclavado directamente con el quemador para desactivarlo cuando la temperatura supera el set point (límite) indicado. Esta temperatura elevada puede originarse por falta de agua, hollinamiento, e incrustaciones al lado del agua, etc.

k) Control para manejo y seguridad de vapor de la caldera.

Limita la presión de trabajo, inhabilitando el control de combustión cuando censa la presión establecida.

l) Control para manejo y seguridad ignición a gas o ACPM.

Lo más importante de este control es el regulador de gas pues debe ser su salida de menos de media libra, de lo contrario estaríamos mandando mucho caudal de gas y habría una posible explosión.

m) Válvulas de seguridad.

Se accionan a determinada presión de trabajo, desalojando cierta cantidad de vapor. Deben ser accionadas solo por personal autorizado, y contener los sellos de seguridad luego de manipuladas. El objetivo de estas válvulas es evitar que en la caldera se produzcan sobrepresiones que puedan deteriorarla, independientemente de cómo hayan actuado el resto de los órganos de control y de seguridad (termostatos). Este aspecto es de vital importancia ya que una sobrepresión en la caldera puede provocar accidentes por piezas metálicas que salgan despedidas, además del deterioro de los equipos.

Se clasifican básicamente en:

- Válvula de alivio, la cual se abre proporcionalmente en respuesta al incremento de presión que se presente corriente arriba de ella. Este tipo de válvula se utiliza para líquidos.
- Válvula de seguridad, propiamente dicha, caracterizada por abrir completamente en forma rápida. Este tipo de válvula se emplean para vapor o aire.

Se debe tener mucho cuidado con la calibración de cualquiera de los dos tipos de válvula, ya que una presión de ajuste arriba de la necesaria permitirá en un momento dado, que la caldera trabaje a presión mayor que la debida, consiguientes riesgos operacionales, en tanto que, una presión de ajuste inferior a la requerida ocasionaría que las válvulas se abrieran con demasiada frecuencia, ocasionando desperdicios de energía.

n) Purgas.

El agua y vapor presente en una caldera está provisto de sedimentos y material particulado que deben ser evacuados para evitar mal formaciones en la estructura y evitar la falsa toma de señales de presión y temperatura de los diferentes elementos de control y de seguridad.

Existen purgas de:

Columna de agua. Se hace por lo menos cada turno. Si la cámara de McDonnell se queda con lodos, el flotador se queda pegado dando una falsa señal de que la caldera tiene agua.

Purga de fondo. Para desalojar los lodos de la caldera en la parte inferior. Si hay sedimentación se generan puntos calientes que agrietan y queman las láminas de la caldera.

Purga continua. Desaloja los lodos que circulan en el agua, las espumas y las grasas. Es continua al mantener la válvula con una proporción de apertura.

o) Termostatos.

Una cada caldera dispondrá, como mínimo, de los siguientes termostatos:

Termostatos de funcionamiento: su misión es detener la marcha de los quemadores cuando se almacenen las temperaturas de consigna, de modo que la

producción se adecue a las necesidades instantáneas; son necesarios tantos termostatos como marchas tengan los quemadores para poder aprovechar correctamente los escalones de potencia, ya que de no actuar sobre las marchas de menor potencia, los quemadores tendrían un número más elevados de arrancadas y paradas, lo que provocaría una disminución del rendimiento medio estacional. Estos termostatos serán de rearme automático, de modo que los quemadores arranquen y paren en función de las consignas.

La misión de los termostatos de funcionamiento puede ser asumida por los equipos de regulación externos al quemador. Si los quemadores son modulantes los termostatos son sustituidos por la regulación proporcional correspondiente.

Termostato de seguridad: debe actuar cuando hayan fallado los de funcionamiento, en cuyo caso el quemador no se detiene cuando alcanzan las temperaturas de consigna y continua aportando calor a la caldera, pudiéndose alcanzar temperaturas peligrosas, por este motivo debe ser de rearme manual, de modo que quede constancia del funcionamiento anómalo de la instalación, debiéndose tomar las medidas oportunas para corregir esta disfunción.

Termostato de humos: controla que el conjunto caldera-quemador esté proporcionando los rendimientos mínimos requeridos, ya que si la temperatura de humos se eleva excesivamente, las pérdidas de la chimenea son muy altas, por lo cual debe ser de rearme manual, de manera que exista la obligación de corregir las causas que provocan este problema; además de la función de ahorro de energía asociado al corte por temperatura elevada de humos, también cumple una función de seguridad, ya que si no existiese este control podrían darse casos de temperaturas de humos peligrosas, que pudieran llegar a provocar incendios.

p) Termómetros.

La misión de los mismos es proporcionar datos sobre el estado de funcionamiento de la instalación, cada caldera dispondrá como mínimo de los siguientes termómetros:

- Uno de impulsión y otro en el retorno.
- Uno en el conducto de humos.

q) Manómetros.

Los manómetros nos permiten tomar las lecturas de la presión interna de la caldera. Todas las calderas deberán tener cuando menos un manómetro conectado a la cámara de vapor, colocado de tal manera que esté exento de vibraciones. Pueda ser conveniente ajustado y ofrezca una visión clara y despejada.



Figura 9. Manómetros que usa la caldera pirotubular de ILLAMPU TEXTIL S.R.L.

2.5 Calidad del agua para alimentar una caldera.

En la caldera de tubos de humo, el agua rodea a los tubos que contienen en su interior los gases de combustión. Una incrustación del lado del agua, en los tubos bajará la transferencia de calor y por lo tanto la eficiencia de la caldera, aumentando la temperatura a la salida de los gases de combustión, al igual que una caldera de tubos de agua. Sin embargo, este tipo de incrustación, es fácilmente removible y no tiene repercusiones fatales, como en una caldera de tubos de agua, que una vez incrustada, disminuirá el flujo de agua requerido dentro de los tubos hasta dañarlos (quemarlos) totalmente.

Cuidados en el lado del agua

El descuido del mantenimiento del lado de agua trae como consecuencia la formación de incrustaciones, picaduras, corrosión, espuma, arrastre de humedad y burbujas en el nivel de agua.

Es importante un tratamiento con procedimientos adecuados de purgas para conservar las superficies de calefacción de la caldera libre de incrustaciones y corrosión, prolongando la vida útil de la caldera. Deberá consultarse con un experto en tratamientos de agua. Ellos analizarán el agua de suministro de la caldera y le

recomendará el tratamiento adecuado basado en el análisis y la cantidad de agua cruda que usarán.

Los consultores en tratamientos de agua también deberán recomendar el procedimiento y frecuencia de purgas para reducir la concentración de sales dentro de la caldera. Estas recomendaciones serán la mejor arma para prevenir la formación de incrustaciones sobre la superficie de calefacción, la eliminación de la corrosión causada por el oxígeno libre en el agua y por otros agentes corrosivos, la reducción de arrastre de agua en el vapor que puede ser causada por la formación de espuma.

Parámetros Tratamiento de Agua

Los principales parámetros involucrados en el tratamiento del agua de una caldera, son los siguientes:

1) Potencial de hidrógeno (pH).- El pH representa las características ácidas o alcalinas del agua, por lo que su control es esencial para prevenir problemas de corrosión (bajo pH) y depósitos (alto pH).

En 1909, el químico danés Sorensen definió el potencial hidrógeno (pH) como el logaritmo negativo de la concentración molar (más exactamente de la actividad molar) de los iones de hidrógeno. Esto es:

$$\text{pH} = -\log \{H^+\}$$

Desde entonces, el término pH ha sido universalmente utilizado por la facilidad de su uso, evitando así el manejo de cifras largas y complejas.

Por ejemplo una concentración de $\{H^+\} = 1 \times 10^{-8} \text{ M}$ (0.00000001) es simplemente un pH de 8 ya que: $\text{pH} = -\log \{10^{-8}\} = 8$.



Figura 10. Representación de la escala del pH.

Una explicación simple del PH es que se trata de un valor comprendido entre 0 y 14, que denota un grado de acidez o alcalinidad. El agua neutra tiene un PH de 7: los valores por debajo de 7 implican incremento en la acidez mientras que los valores de 7 a 14 registran en crecimiento de alcalinidad.

El PH en la mayoría de las aguas naturales cae dentro del rango de 6 a 8: pueden existir condiciones de acidez mayor por alta concentración de dióxido de carbono libre u otro tipo de contaminación: a menos que el agua haya sido contaminada con residuos alcalinos o que haya sido tratada químicamente por medio de procesos tales como el de cal sosa, el PH nunca tendrá un valor mayor de 9 para el agua de alimentación. Un pH muy ácido o muy alcalino puede ser indicio de una contaminación industrial. En la caldera el valor del PH se sitúa entre 10.5 y 11: el agua de alimentación entre 8 y 9.

2) Fosfatos.- La concentración de fosfatos se controla para producir incrustaciones solubles que pueden purgarse fuera de la caldera. La concentración de fosfato se mantiene también de modo que exista una relación entre fosfato y pH, o alcalinidad en el agua de la caldera, de forma que no haya hidróxido libre presente y así evitar la fragilidad. El fosfato se utiliza para controlar el pH y dar protección contra la dureza.

3) Sulfitos.- La concentración de sulfito, si está ligeramente en exceso se combinará con el oxígeno disuelto en el agua y así evitará la corrosión. El tratamiento de sulfito no se recomienda para calderas con presiones de calderín por encima de 11 Mpa (1.600 psig), porque las reacciones químicas pueden ser peligrosas a presiones más elevadas. Controla el residual recomendable de ión sulfito, como elemento secuestrante de oxígeno, para evitar la corrosión de los equipos. Rangos recomendables 30 a 60 ppm.

4) Dureza.- Este análisis se realiza a fin de controlar el buen funcionamiento del ablandador o si es en el agua del caldero, es una forma de controlar lo adecuado de la dosificación del elemento anti-incrustante. La dureza del agua cuantifica principalmente la cantidad de iones de calcio y magnesio presentes en el agua, los que favorecen la formación de depósitos e incrustaciones difíciles de remover sobre las superficies de transferencia de calor de una caldera.

5) Hierro.- La presencia de niveles elevados de hierro, puede indicar estas situaciones: que el caldero se está alimentando con agua sobrecargada de hierro, o que existe un proceso corrosivo, sea en el caldero mismo o en los sistemas de condensado, según el punto en que se lo detecte.

6) Cobre.- Similar efecto a la del hierro, pero la fuente es normalmente los intercambiadores de calor o equipos de bombeo con piezas de cobre. Las reparaciones que sustituyen el cobre pueden reducir la fuente de este contaminante. El hierro y el cobre forman depósitos que deterioran la transferencia de calor. Se pueden utilizar filtros para remover estas sustancias.

Prevención de la formación de incrustaciones.

Al existir incrustaciones esta actúa como aislante térmico y puede resultar un sobrecalentamiento del hogar, los tubos y los espejos. Esta situación puede causar fuga en los tubos, agrietamiento en el extremo de lo mismos y otros problemas asociados en el recipiente a presión. De existir estos problemas nuevamente su programa de mantenimiento requiere una aprobación.

Cuando se esté realizando un mantenimiento de la caldera destapado el lado de agua, durante la revisión visual emplee una cuchilla o un pequeño martillo, para obtener muestras de la incrustación y envíelas inmediatamente al consultor en tratamiento de agua. Cuidadosamente verificamos la porción trasera o la zona más caliente de la caldera, ya que esta es el area más susceptible a la formación de incrustaciones.

La formación de incrustaciones dentro de cualquier caldera es motivo de preocupación y se debe actuar inmediatamente para contrarrestarla. Para prevenir este problema se han desarrollado procesos de control de agua para calderas, el más importante es el ablandamiento del agua.



Figura 11. Depósito estratificado de diferentes compuestos debido a los depósitos en el lado del agua.

Sobre las superficies quedan residuos sólidos, los cuales disminuyen el flujo y la transferencia de calor, lo que dará una mayor temperatura que acelera la oxidación y por lo tanto engruesa la capa de magnetita aislando aún más al tubo, esto finalmente desemboca en sobrecalentamiento. Una de las causas es el tratamiento deficiente del agua de alimentación que la deja con un número alto de sólidos en suspensión, que también podrían ser provenientes de las sustancias utilizadas para el tratamiento.

Sistema de agua de alimentación

El arreglo se muestra en la (figura 12); el tanque de almacenamiento (a) recibe el agua de la red municipal, la cual pasa a un equipo de tratamiento químico (b) donde se desmineraliza y purifica, después el agua pasa al tanque de alimentación de donde las bombas la toman para introducirla a la caldera. En este tanque se suministran los compuestos químicos requeridos para el tratamiento interno del agua.

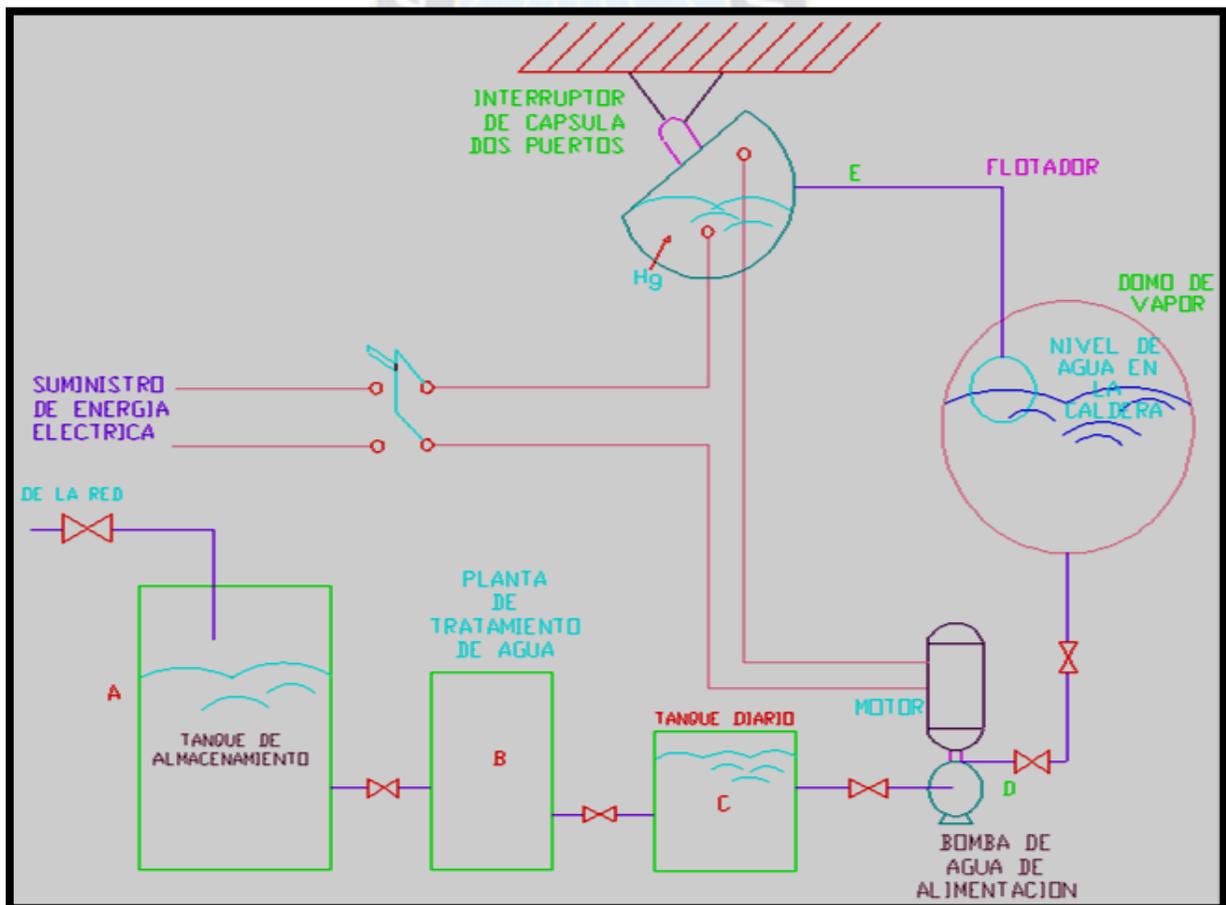


Figura 12. Sistema de agua de alimentación de la caldera.

El tratamiento que recibe el agua antes de introducirla en los equipos en donde se utiliza se denomina externo, este puede ser mecánico, térmico o químico.

Como ejemplos de tratamiento mecánico pueden mencionarse la sedimentación y la filtración. La destilación y la desaereación por calentamiento son tratamientos térmicos. Los tratamientos químicos pueden ser con sustancias que producen reacciones de precipitación o neutralización o reacciones de intercambio iónico.

El tratamiento químico con intercambio iónico es industrialmente el más común para suavizar el agua.

Fundamentos del Intercambio Iónico

Ablandamiento del Agua

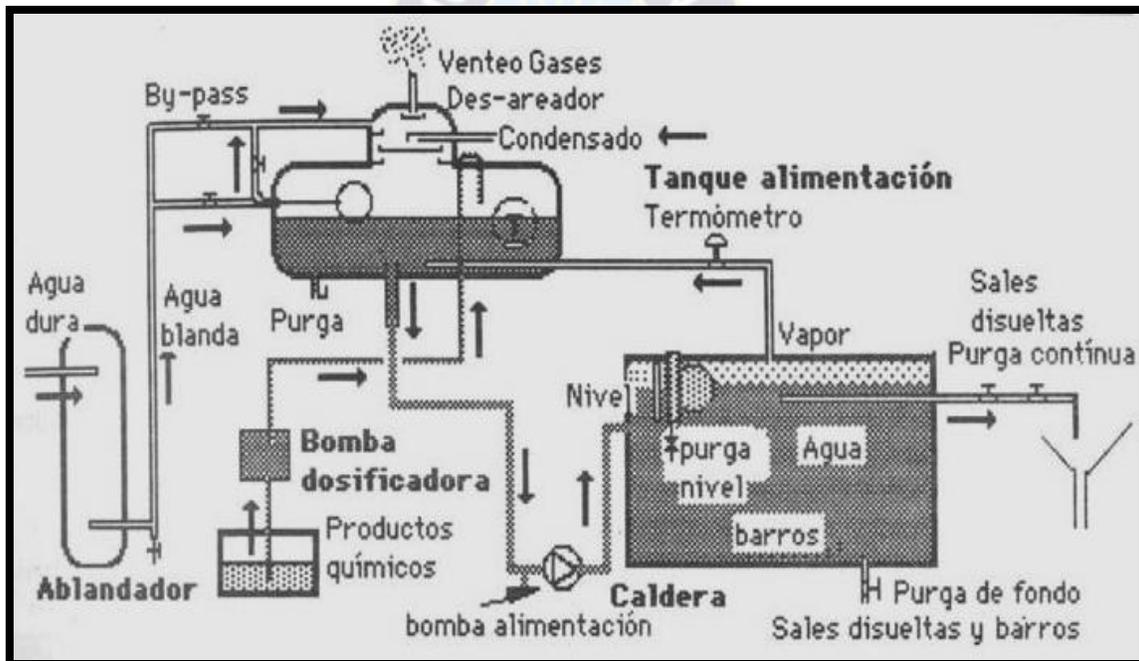


Figura 13. Esquema ideal de un tratamiento químico.

Dureza del Agua

Se denomina dureza del agua al contenido de minerales de calcio (Ca^{+2}) y magnesio (Mg^{+2}).

La dureza puede ser de:

- Calcio
- Magnesio
- Dureza total

Unidades de dureza

- Miligramos por litro (mg/L)
- Partes por millón (ppm)
- Granos por Galón (gpg)

$$1 \text{ mg/L} = 1 \text{ ppm}$$

$$1 \text{ gpg} = 17.1 \text{ ppm} = 17.1 \text{ mg/L}$$

Grados de dureza

Suave	Menos de 1.0 gpg
Dureza Ligera	1.0 a 3.5 gpg
Dureza Moderada	3.5 a 7.0 gpg
Dura	7.0 a 10.5 gpg
Muy Dura	10.5 gpg y superiores

Problemas causados por el agua dura

- Disminuye el efecto de los detergentes.
- Provoca la incrustación de tuberías, calentadores de agua y calderos.

Beneficios del uso de ablandadores

- Jabones y detergentes se usan más eficientemente.
- Materiales y superficies se limpian mejor.
- Incrustaciones en calderos y calentadores de agua caliente es menor.
- Precipitaciones son eliminadas en productos alimenticios enlatados.
- El agua blanda no deja incrustaciones.
- Tela y ropa lavada en agua blanda dura más.

Métodos de reducción de dureza

- Deionización
- Destilación
- Osmosis Reversa
- Intercambio catiónico

Resina

Granulado de Plástico hecho de poliestireno con grupos funcionales de sulfitos que actúan como sitios de intercambio iónico.

El grupo de sulfitos presenta una carga negativa la cual atrae los iones positivos o cationes tales como el H^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Fe^{+2} , Na^+ .



Figura 14. Resina.

Granos de resina

Los granos de resina catiónica atraen y agarran a los iones cargados positivamente. Estos iones permanecen en el grano y éstos a su vez atraen a otros con la misma afinidad.

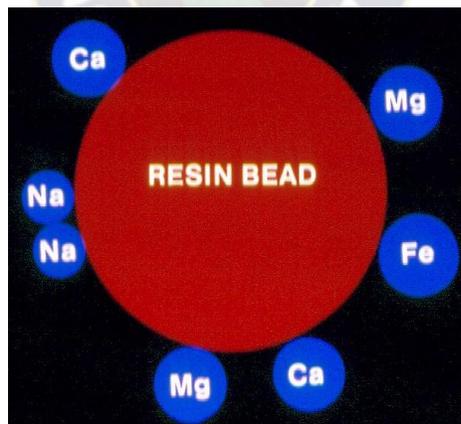


Figura 15. Grano de Resina.

La Resina suelta Na^+ y absorbe iones de Ca^{+2} y Mg^{+2} que tienen una atracción mayor.

Los iones no son destruidos o cambiados químicamente; son simplemente remplazados en los granos de la resina.

Este proceso se conoce como intercambio iónico.

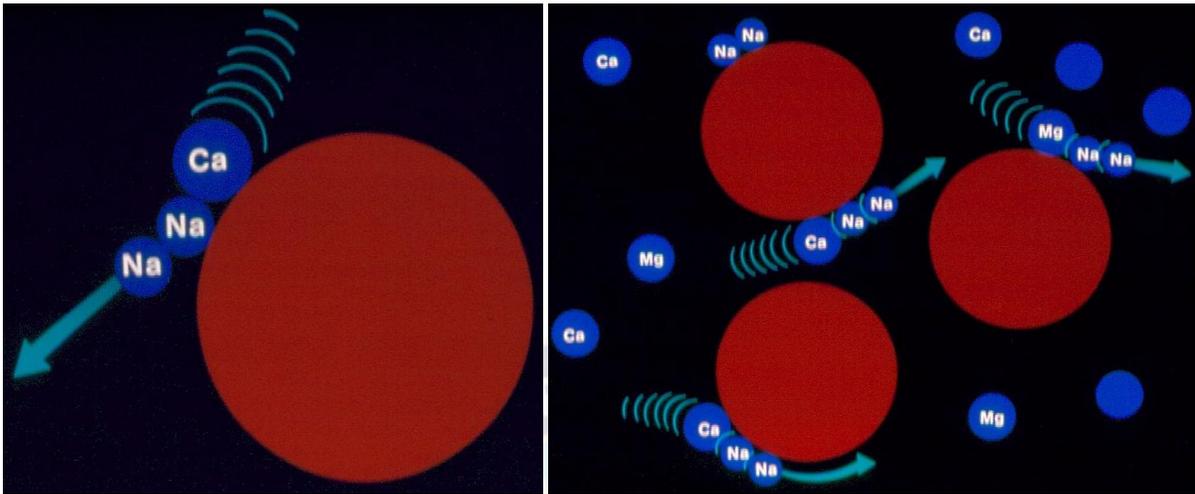


Figura 16. Proceso de Intercambio Iónico.

Intercambio Iónico

La Resina atrae iones de Ca^{+2} y Mg^{+2} y suelta Na^{+} . Entonces el agua ha sido ablandada debido a que las concentraciones de Ca^{+2} y Mg^{+2} se han reducido. Después que un amplio número de iones de Ca^{+2} y Mg^{+2} se han adherido a los granos de la resina y la mayoría de los iones de Na^{+} se han liberado, la resina se dice que está saturada y no puede ablandar el agua. Como se muestra en la figura siguiente:

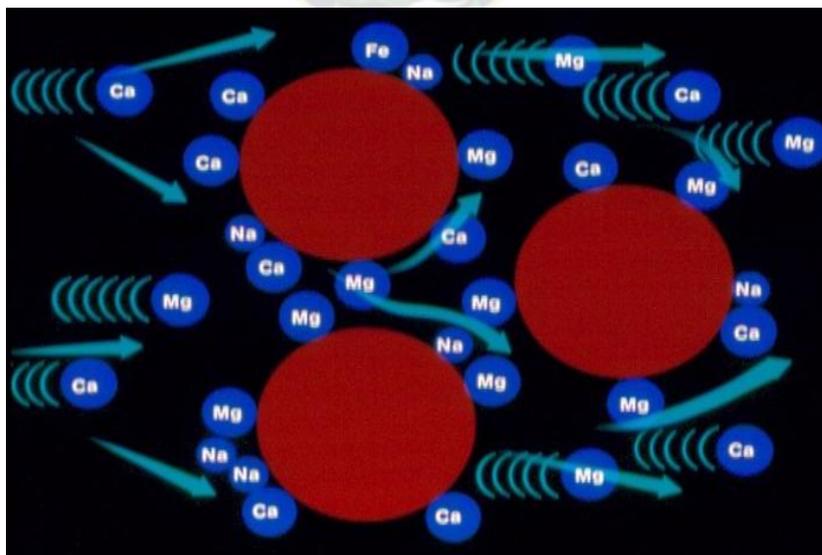


Figura 17. Intercambio Iónico.

La reacción puede ser revertida incrementando la concentración de Sodio en la solución. El proceso inverso hace que los iones de Ca^{+2} y Mg^{+2} se liberen de la resina y sean reemplazados con iones de Na^{+} . A este proceso inverso se le llama Regeneración.

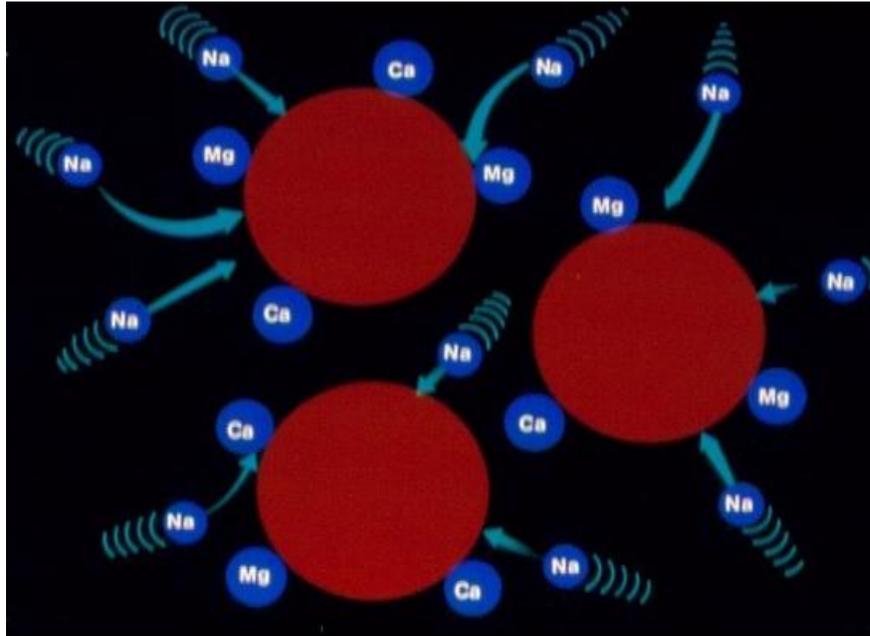


Figura 18. Regeneración.

Regeneración

Periódicamente los granos de resina son lavados con una solución saturada de salmuera. La salmuera, con alta concentración de Na^{+} fuerza a liberar los iones de Ca^{+2} y de Mg^{+2} los cuales son desechados al drenaje.

La resina, una vez regenerada, está dispuesta otra vez a remover más Ca^{+2} y Mg^{+2} del agua. El grado de regeneración depende de la concentración de sodio en la salmuera.

La reacción de ablandamiento está dada por:



La reacción de regeneración está dada por:



NOTA: R representa la resina macromolécula.

Regeneración

- La resina debe ser rehusada después de un proceso de regeneración.
- La frecuencia de regeneración depende del tiempo de regeneración o demanda de regeneración.

Tanque de salmuera

Un tanque de salmuera es un tanque de plástico o fibra de vidrio con una solución saturada de sal. En algunos casos se tienen bloques de sal en contacto con agua.

La suavización por medio del intercambio iónico es un método efectivo para disminuir la dureza en el agua de alimentación de la caldera. El costo es mínimo en comparación con los beneficios obtenidos.



Figura 19. Tratamiento del agua de la caldera, ILLAMPU TEXTIL S.R.L.

3.1 Procedimiento de Operación de la caldera

MATERIAL Y EQUIPO.

Material.

No aplica.

Equipo.

a) De protección o de seguridad

- Guantes de hule(para realizar el tratamiento Químico).
- Guantes de cuero.
- Lentes de seguridad.
- Mascarilla para polvo.

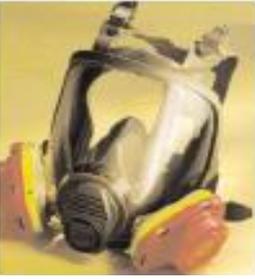
	
<p>Guantes de hule(para realizar el tratamiento Químico).</p>	<p>Guantes de cuero.</p>
	
<p>Lentes de seguridad.</p>	<p>Mascarilla para polvo.</p>

Figura 20. Equipo de protección personal recomendado.

OPERACIÓN.

Lo primero que se debe considerar antes de realizar la operación de una caldera y así para entender la operación de una caldera es necesario observar lo que sucede desde la entrada hasta la salida de la unidad. En la operación completa de una unidad están involucrados varios ciclos, como el ciclo del calor, el ciclo de agua y vapor y el ciclo de circulación de agua, donde todos éstos, interactúan para obtener el producto de una caldera. A la unidad se le debe suministrar agua y combustible; el agua se calienta hasta su condición final designada de antemano (agua y/o vapor) y se le transporta hasta su punto de uso final. Una vez que se ha extraído el calor del agua, el resto de la mezcla de agua y vapor, si es que puede utilizarse, se regresa a la unidad y se recicla.

En la operación de las calderas se debe vigilar y controlar continua y efectivamente el flujo de aire de entrada al hogar, el agua, el combustible requerido y el vapor, con el fin de garantizar un buen funcionamiento con una producción permanente de vapor a una presión constante, tal como lo requieren los procesos dentro de la planta.

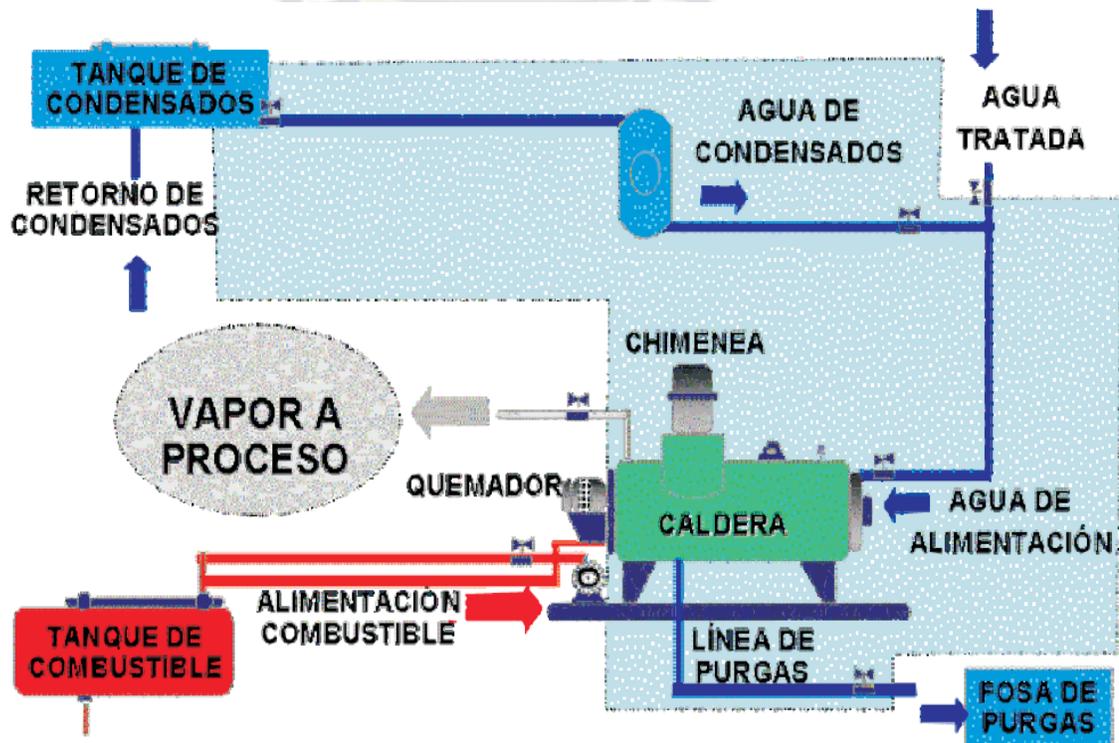


Figura 21. Sistema de generación y distribución de vapor.

Fuente: <http://www.conae.gob.mx>

Instrucciones para operar la caldera.

Seguir la siguiente secuencia:

1. Verifique que el nivel de agua de la caldera (10) esté al nivel apropiado de trabajo.
2. Antes de encender el motor de la bomba, asegúrese de que estén abiertas todas las válvulas en la línea de alimentación de agua, esto para evitar posibles daños al mecanismo de la bomba de alimentación, revise que las válvulas del agua estén abiertas (válvula de entrada al tanque de condensados, válvula de entrada de agua a la bomba de alimentación, y válvula de entrada del agua a la caldera). Después de abrir las válvulas, energice momentáneamente el motor de la bomba de alimentación para establecer la rotación correcta de la bomba. Ya que estableció la rotación correcta, cierre el interruptor de entrada de la bomba de alimentación de la caldera. La bomba debe apagarse cuando el nivel de agua alcanza el nivel apropiado, que se muestra en la figura 22.

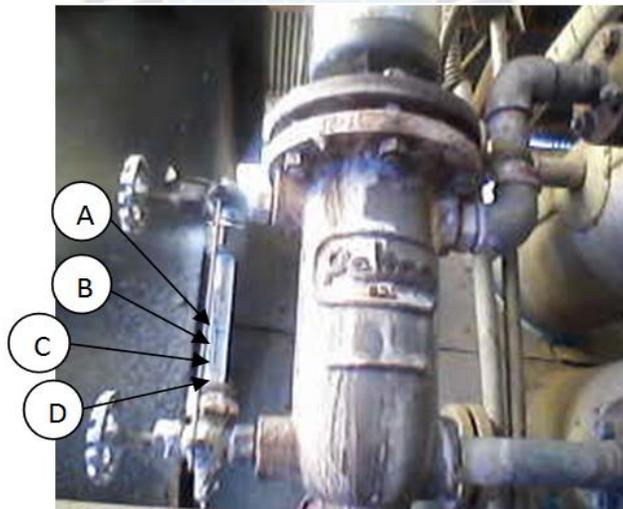


Figura 22. Mirilla de nivel de corte por nivel bajo de agua de la caldera de ILLAMPU TEXTIL S.R.L.

- A. En este punto se apaga el nivel normal de bomba de alimentación de agua, llene el contenedor de presión inicialmente a esta altura.
- B. La bomba se enciende cuando el nivel de agua llega a B. La distancia A-B es aproximadamente de $\frac{3}{4}$ de pulgada.
- C. En el punto de corte por nivel bajo de agua, el quemador se apagará si el nivel de agua baja hasta este punto.
- D. Primer punto visible en la mirilla de nivel.

3. Después de haber verificado si están abiertas las válvulas de alimentación de agua, abrir la válvula de salida de vapor.
4. Cerrar la válvula de purga del caldero y del instrumento de control de nivel de agua.
5. Una vez que el tanque de condensado se halla con agua, conectar energía eléctrica al tablero de mando, a través del interruptor principal.
6. Abrir la llave de alimentación de combustible.
7. Suba todos los interruptores del tablero (1), para que en caso de que esté bajo el nivel, lo suba a su nivel la bomba de alimentación, porque al accionar la llave principal en el tablero de mando, posición I, en ese momento se pondrá la bomba de agua en funcionamiento.



Figura 23. Interruptores del tablero y la bomba de agua, ILLAMPU TEXTIL S.R.L.

8. Una vez vaciado el tanque de condensado, cortar la llave principal en el tablero de mando, la Bomba de agua se detiene, esperar hasta que nuevamente esta lleno el tanque de condensado.
9. Realizar la operación 7 y 8 hasta que se vea agua en el control de nivel del caldero.
10. Si bajo el nivel de agua, restablezca el botón de la columna principal, así como el de la auxiliar, en caso de que exista.



Figura 24. Tablero de control de la caldera, ILLAMPU TEXTIL S.R.L.

11. Cuando el agua llegue a su nivel mínimo, el Quemador (15) se pone en funcionamiento automáticamente. En caso de no encender 17 o 20 segundos, se debe a que la tubería de gas está con aire. En caso de que este operando con diesel o fuel oil, se tiene aire en la bomba, se debe purgar.

12. Volver a reponer el programador de encendido. Restablezca todos los botones “reset” que puedan haber operado. Ponga el interruptor del quemador en posición “cerrado” y compruebe que el quemador está en su posición de trabajo (segunda muesca).

Al realizar correctamente estas operaciones, la caldera comienza a trabajar, funcionando primero el motor del ventilador (8). Cuando el programador del Fireye llega al número 1 en la ventanilla de observación, abre la válvula del gas y deberá de haber una presión máxima de 10 cm de columna de agua en la línea con la válvula solenoide del gas abierta, y se energiza el transformador de ignición (2), produciendo la chispa de ignición, la cual enciende el gas.

El piloto es detectado por la fotocelda y cierra el relay de flama RL2. Al llegar al punto 2 en la ventanilla del Fireye, cierre los contactos que energizan la válvula de combustible al quemador, encendiendo ésta.

Al llegar al punto 3 en la mirilla, se desconectan la válvula del gas y el transformador de ignición (2) y se va a la posición de demanda que le señale el interruptor manual

automático. Al llegar al punto 4 el motor del programador del Fireye deja de trabajar y se queda así hasta que la caldera corta por presión. Cuando la caldera corta por presión, empieza a trabajar el motor programador hasta llegar a cero, y ahí termina su ciclo, el cuál vuelve a empezar al regresar la caldera a la presión de arranque a la que esta calibrado el pressuretrol.

13. El Quemador se pone nuevamente en funcionamiento, después de 30-40 segundos, enciende la primera etapa (La regulación aire-combustible debe haber sido previamente regulada), luego de un lapso de funcionamiento de 12 segundos enciende la segunda etapa.

14. La Bomba de agua se detendrá cuando se haya alcanzado el nivel máximo de agua en el caldero.

15. Cerrar la válvula de salida de vapor.

16. El quemador funcionando calienta el agua y produce vapor, la presión interna en el caldero aumenta. Cuando se ha alcanzado la presión de trabajo, el quemador apaga la 2da, etapa.

17. Abrir la válvula de salida de vapor lentamente.

18. La presión en el caldero desciende y automáticamente se pone en funcionamiento, continuará con el ciclo de apagarse y encenderse automáticamente de acuerdo a los requerimientos de vapor.

19. Cada 8 a 12 hrs, de funcionamiento abrir por 15 segundos la válvula de purga, de esta manera se purga el barro que pueda contener el agua. Lo mismo la válvula de purga del control de nivel de agua.

20. Tomar muestra de agua del control de nivel y del PH. El PH deberá estar entre 7.5 y 8.5.

21. Durante el trabajo la Bomba de agua funcionará intermitentemente de acuerdo a requerimiento.

22. Accionar por lo menos una vez por día la válvula de seguridad durante unos 5 segundos para evitar que esta se trabé.

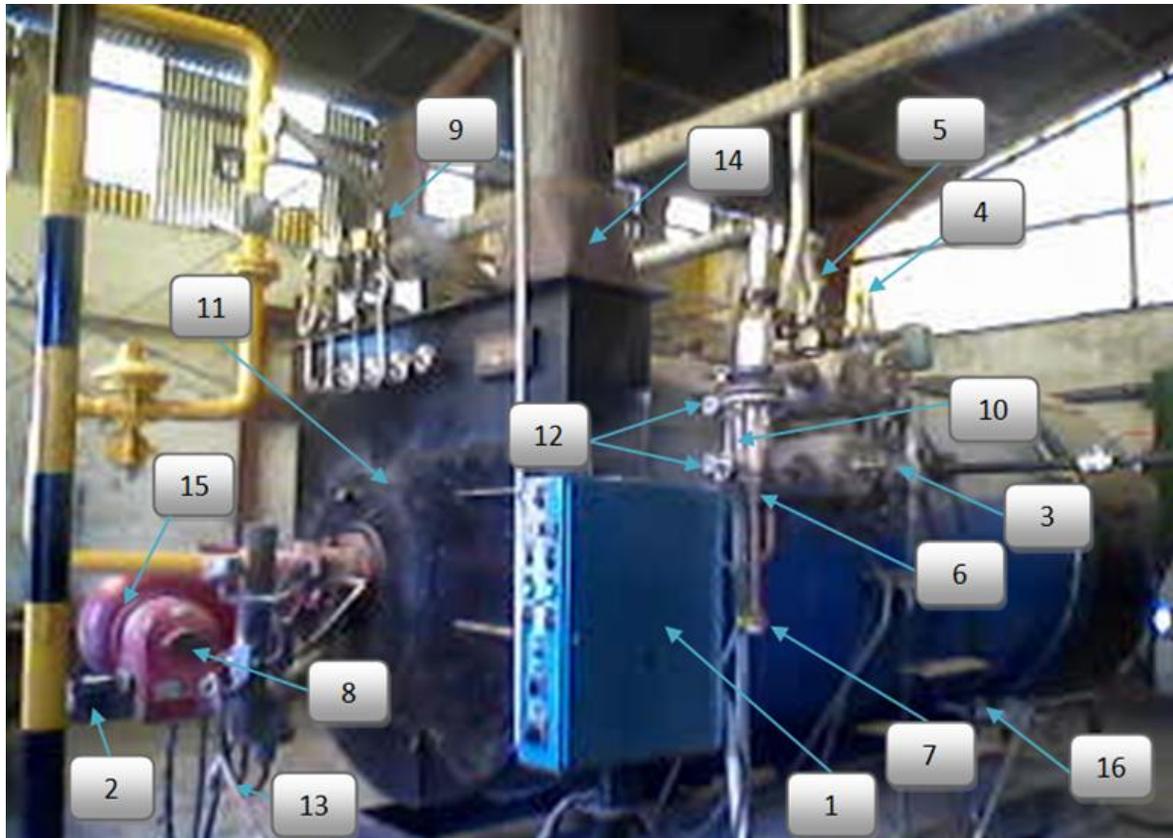


Figura 25. Partes principales de la caldera pirotubular, ILLAMPU TEXTIL S.R.L.

1. Panel de control o caja eléctrica.	9. Indicador de presión o Manómetro.
2. Transformador de ignición.	10. Cristal de nivel o columna de agua.
3. Control de la bomba y cierre por bajo nivel de agua.	11. Compuerta de aire secundario.
4. Válvula de seguridad.	12. Grifos de prueba.
5. Válvula de prueba.	13. Conexión de suministro de combustible.
6. Purga de cristal de nivel.	14. Base de chimenea.
7. Válvula de purga de la columna de agua.	15. Quemador.
8. Motor del ventilador de tiro forzado.	16. Válvula de drenaje.

23. Si se quiere apagar el caldero, simplemente pasar a 0 el interruptor de mando y desconectar la llave principal, pero si se quiere parar la caldera o para ponerla fuera de servicio por una noche o por más tiempo, es conveniente seguir las instrucciones que se indican:

1. Verifique que todas las válvulas de salida de vapor, estén perfectamente cerradas, así como las válvulas de purga de columnas, de fondo, y cualquier otra que tenga.

2. Una vez que el motor del ventilador (8) esté en reposo (posición cero en el programador del Fireye) y que se coloque el interruptor del quemador en la posición de abierto, se pueden bajar todos los interruptores del tablero eléctrico de entrada. En aquellos lugares muy fríos o muy húmedos se recomienda dejar puesto el interruptor que alimenta el circuito de control, con el objeto de tener un arranque rápido al día siguiente; o bien, conectar éste con dos horas de anticipación la puesta en marcha de la caldera.

3.2 Comprobaciones durante el funcionamiento de la caldera.

Cuando se opera con calderas y en especial cuando estas son adquiridas por primera vez, es necesario realizar ciertas pruebas que garantizan la correcta operación de la caldera según las especificaciones dadas por el proveedor.

Entre ellas se destacan: Sistemas de Agua Caliente, Sistemas de Vapor, Temperatura de los Gases en la Chimenea.

Sistemas de Agua Caliente.

Periódicamente inspeccione su sistema de agua caliente para prevenir problemas en su caldera.

Verifique los siguientes incisos y de ser necesario, tome una acción correctiva.

- a) Regularmente purgue la válvula de alivio directamente con el mecanismo automático de alimentación agregando agua “extra” durante períodos de abatimiento de temperatura y presión.
- b) Levante periódicamente la válvula de alivio, haciendo esto, por el mecanismo automático o de alimentación.
- c) Tanques de expansión “ahogados”.
- d) Falta de un sistema suficiente de sobrepresión (se recomienda de 1.0 a 1.5 kg/cm², o más de la presión equivalente a la temperatura de operación de la caldera).
- e) Deficiencia en la circulación de agua a través de la caldera bajo las condiciones reales de operación del sistema.
- f) Deficiencia de los mecanismos eliminadores de aire o conexiones en las partes más altas de la caldera.

- g) Eliminador manual de aire en la parte más alta de la tubería del control de corte por bajo nivel.
- h) Falta de análisis y tratamiento de agua si es requerido por vaciado periódico de la caldera.
- i) Falta de protección contra choques cuando el sistema es común en calefacción y refrigeración y se cambia de uno a otro.
- j) Un arranque lento a fuego bajo en su caldera fría para darle mayor vida.

Sistemas de Vapor.

Compruebe su sistema para prevenir los siguientes problemas, y además si lo considera necesario tome la acción correctiva correspondiente o notifíquelo a la persona autorizada.

- a) Alimentación de agua cruda fría a la caldera caliente.
- b) Deficiencia de tratamiento de agua, eliminación de oxígeno, análisis periódico de agua y programa de purgas.
- c) Un arranque lento al iniciar la operación de su caldera puede agregarle años de vida.

Temperatura de los gases en la chimenea.

Una temperatura de chimenea alta indica calor desperdiciado, la temperatura de chimenea debe ser tan baja como sea posible, sin causar condensación de gas de chimenea. Si la temperatura es mayor en 83°C de la caldera de vapor, es demasiado alta. La solución es la limpieza de fluxes y ajuste del quemador, y si esto no reduce la temperatura de los gases, entonces el diseño es ineficiente, ya que una alta temperatura de los gases significa un desperdicio de calor.

3.3 Procedimientos de mantenimiento de la caldera.

Mantenimiento

La labor del departamento de mantenimiento, está relacionada muy estrechamente con la prevención de accidentes y lesiones en el trabajador ya que tiene la responsabilidad de mantener en buenas condiciones, el equipo para la generación de vapor, lo que permite una mayor seguridad evitando en parte riesgos en el área laboral, y mejor desenvolvimiento.

El mantenimiento de la caldera debe estar encaminado a la permanente consecución de los siguientes objetivos:

- Optimización de la disponibilidad del equipo productivo.
- Disminución de los costos de mantenimiento.
- Optimización de los recursos humanos.
- Maximización de la vida útil de la caldera.

Básicamente, existen los siguientes tipos de mantenimiento:

Mantenimiento Predictivo, consiste en inspeccionar los equipos a intervalos regulares y tomar acción para prevenir las fallas o evitar las consecuencias de las mismas según condición. Incluye tanto las inspecciones objetivas (con instrumentos) y subjetivas (con los sentidos), como la reparación del defecto (falla potencial).

Mantenimiento Preventivo o Basado en el Tiempo, consiste en reacondicionar o sustituir a intervalos regulares, un equipo o sus componentes, independientemente de su estado en ese momento. Permite determinar el estado de la máquina sin obstaculizar su ritmo productivo, a través de la medición de algún síntoma (como vibraciones, análisis de aceite, temperatura, etc.) y predecir su estado en base a su comportamiento en el tiempo.

Mantenimiento Detectivo o Búsqueda de Fallas, consiste en la inspección de las funciones ocultas, a intervalos regulares, para ver si han fallado y reacondicionarlas en caso de falla (falla funcional).

Mantenimiento Correctivo, trabajo que debe realizarse en el instante en que se solicita para impedir una pérdida seria de producción riesgo de lesiones personales, o daño al medio ambiente. Consiste en el reacondicionamiento o sustitución de partes en un equipo una vez que han fallado, es la reparación de la falla (falla funcional), ocurre de urgencia o emergencia.

Mantenimiento Mejorativo o Rediseños, consiste en la modificación o cambio de las condiciones originales del equipo o instalación. No es tarea de mantenimiento propiamente dicho, aunque lo hace mantenimiento.

La principal función adecuada del mantenimiento, consiste en rebajar el correctivo hasta el nivel óptimo de rentabilidad de la empresa.

El correctivo no se puede eliminar en su totalidad, por lo tanto una gestión correcta extraerá conclusiones de cada parada e intentará realizar la reparación de manera definitiva ya sea en el mismo momento. O programado un paro, para que esa falla no se repita.

Es importante tener en cuenta en el análisis de la política de mantenimiento a implementar, que en algunas calderas, el correctivo será la opción más rentable.

Objeto del mantenimiento preventivo en salas de calderas.

La implantación de un mantenimiento preventivo y las asociaciones apropiadas a él, harán frente a los riesgos que conllevan un mal funcionamiento o una falta de prestación de servicios de la calderas. A saber:

Disminuir la cantidad de producción, que a su vez, traerá consigo:

- Aplicación de penalizaciones económicas por parte de los clientes, debido a las demoras en los plazos de entrega.
- Aumentar turnos de trabajo para alcanzar la producción esperada, aumentando consecuentemente el coste de mano de obra directa.

Aun con la caldera funcionando y prestando servicio, la ausencia o mal mantenimiento preventivo puede provocar un aumento del coste energético porque no se alcance un rendimiento óptimo.

Un coste energético más elevado lleva asociado una pérdida de competitividad.

A la vista de lo anterior, el objetivo principal de la implantación de un mantenimiento preventivo en la sala de calderas es: “poner a total disposición de los procesos productivos de la fábrica, una sala de calderas en óptimas condiciones de funcionamiento en base a tratar la carencia de errores, fallas y prestaciones por debajo de los valores consignados.”

El mantenimiento preventivo es de carácter y actuación continua, y debe estar destinado a:

- Optimizar los procesos productivos y la producción.
- Reducir los costes directos e indirectos ocasionados por fallas o paradas.
- Conseguir la máxima vida útil de la caldera y los equipos asociados a ella.

Todo ello alcanzando un equilibrio económico respecto a los costes que se imputen al mantenimiento preventivo, que en ningún caso deberán exceder a los derivados de su falta o ausencia.

A la hora de realizar la conducción de la caldera, el operador u operadores deberán tener en cuenta las recomendaciones particulares prescritas tanto por el fabricante de la caldera, como el resto de equipos que acompañan y están asociados a su funcionamiento; en este último sentido y en particular, del mantenimiento y vigilancia del tratamiento del agua en el interior de la caldera.

Estas operaciones variaran en función del tipo de instalación, aunque, en general, se puede decir que consistirán en:

- Operaciones diarias.
- Operaciones semanales.
- Operaciones mensuales.
- Operaciones semestrales.
- Operaciones anuales.



Figura 26. Personal realizando el mantenimiento de la Bomba de agua, ILLAMPU TEXTIL S.R.L.

3.4 Partes esenciales de mantenimiento.

Las partes esenciales de mantenimiento en calderas pirotubulares son las siguientes:

Limpieza del lado de la combustión.

El hollín y materiales no combustibles son aisladores efectivos, y si se permite su acumulación, disminuirán la capacidad de transferencia de energía al agua, lo que aumentará el consumo de combustible. El hollín y otros depósitos pueden absorber la humedad, formando ácidos corrosivos que deteriorarán el metal del fogón.

La eliminación de estos materiales debe efectuarse a intervalos frecuentes y regulares dependiendo de la carga, tipo y calidad de combustible, temperatura interna de la caldera y eficiencia de combustión.

El termómetro para la temperatura en el cañón de la chimenea, puede servirle como guía para determinar los intervalos de limpieza, ya que la acumulación de depósitos de hollín aumentará la temperatura del cañón de la chimenea.

La limpieza de los tubos se logra abriendo las puertas delantera y trasera. Los tubos se pueden cepillar desde cualquier extremo. Todo el hollín u otros depósitos deberán removerse del horno y de las placas tubulares.



Figura 27. Personal realizando la limpieza de tubos, ILLAMPU TEXTIL S.R.L.

Apertura y cierre de las compuertas que cierran el lado de fuego.- Es necesario un buen sello entre las compuertas posterior y delantera y el recipiente de presión para evitar fugas de gases de combustión, pérdida de calor, y para llegar a la máxima eficiencia de operación. Las fugas pueden causar puntos calientes que conducirían a la falla prematura del refractario y/o daño al metal de la puerta.

Cuando abran las compuertas, ya sea para mantenimiento diario o para inspección anual, no lo haga cuando la caldera o la puerta está caliente.

El refractario mantendrá su temperatura ambiental, un enfriamiento rápido puede causar rajaduras en el refractario y/o daño a la caldera y al metal de la puerta. La puerta abierta deberá estar soportada con bloques o con un gato para evitar su deformación.

Antes de cerrar, inspeccione todos los empaques y superficies selladoras. Si el empaque de la puerta está endurecido o quebradizo, deberá reemplazarse.

Cierre y Sellado.- Cubra el empaque de la puerta con una mezcla de aceite y grafito. Aplique una pequeña mezcla de la pasta, que consiste de mortero refractario y agua, alrededor de la circunferencia interior del empaque. Cuando la puerta se cierra, la pasta comprimirá el área para proteger el empaque, que formará un sello entre la superficie del refractario y placa tubular.

Los pernos de la puerta deberán apretarse uniformemente para evitar el descuadre de la puerta y daño al empaque. Comience apretando arriba en el centro y alterne entre el perno inferior y superior hasta que ambos estén apretados. No los apriete demasiado. Apriete los pernos alternativamente hasta que la puerta esté fija y hermética. Después de poner a funcionar de nuevo la caldera, apriete de nuevo los pernos para compensar por cualquier expansión.

Limpieza del lado de agua. Controles del nivel de agua y superficie interior de la caldera.

Hay que enfatizar la necesidad de inspeccionar periódicamente los controles del nivel de agua y la superficie interior del recipiente a presión.

Los mayores daños de la caldera se originan por operación con bajo nivel de agua o el uso de agua sin tratamiento o tratada incorrectamente.

Verifique siempre el nivel de agua de la caldera. El indicador del nivel de agua debe purgarse rutinariamente, eliminando de esta manera los lodos que se pudieron haber acumulado durante la operación de la caldera.

Inspeccione muestras de agua de la caldera y condensación de acuerdo con los procedimientos recomendados por su consultor de agua.

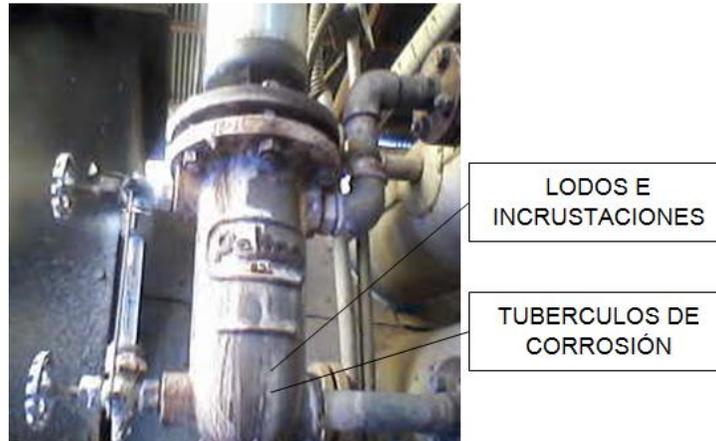


Figura 28. Lodos, corrosión, e incrustación que se pueden formar por mal tratamiento del agua en los controles de nivel. Debe ser eliminado por el proceso de purgado.

Fuente: Control del nivel de agua en el tubo de vidrio, ILLAMPU TEXTIL S.R.L.

En vista que el fabricante original generalmente instala dispositivos de interrupción de bajo nivel de agua, no se debe intentar el ajuste de estos controles para alterar el punto en que la bomba se activa o desactiva. Si la operación de este dispositivo se vuelve irregular o si varían los ajustes de los niveles establecidos, busque el motivo y corrija: repárelo o reemplácelo de ser necesario.

Advertencia.- La operación segura de una caldera requiere inspección y mantenimiento periódico de todos los dispositivos de interrupción de bajo nivel de agua. Abra e inspeccione por lo menos una vez al mes, bajo vigilancia constante y el quemador con llama baja. Verifique la operación frecuentemente cerrando el flujo de agua al caldero, si los controles no apagan el quemador al nivel de agua adecuado o parecen estar en malas condiciones, repare o reemplace de inmediato.

Estas instrucciones deberán seguirse al pie de la letra.- Estos controles generalmente funcionan durante largos periodos de tiempo, lo que pudiera ocasionar un descuido en la comprobación del mismo si se presume que la operación normal continuará indefinidamente.

En una caldera de vapor, el mecanismo principal de los dispositivos de interrupción de bajo nivel de agua, debe sacarse del recipiente por lo menos una vez al mes para verificar y limpiar el flotador, las piezas móviles internas, y el recipiente o columna de agua.

Remueva los tapones de las conexiones en T o cruces y asegúrese que las conexiones estén libres de obstrucciones. Los controles deben instalarse a nivel para obtener mejor rendimiento. Verifique que la tubería esté en alineación vertical después de haberse instalado, y luego durante la vida útil del equipo.

En calderas de vapor, se debe mantener un programa de purgas de los controles de nivel de agua.

No es práctico purgar los dispositivos de interrupción de bajo nivel de agua en calderas de agua caliente ya que incluiría toda el agua en el sistema. Muchos sistemas de agua caliente están completamente sellados y cualquier pérdida de agua requeriría agua de reemplazo y tratamiento de agua adicional que en caso contrario no sería necesario.

En vista que la caldera y el montaje del sistema, hace que no sea práctico efectuar servicio de mantenimiento diario y mensual de los 1 dispositivos de interrupción de bajo nivel de agua, es esencial verificar la operación adecuada y remover anualmente, o con mayor frecuencia de ser posible, el mecanismo del recipiente para inspeccionar y limpiar el flotador, las piezas móviles internas y el recipiente. También inspeccione las conexiones de la tubería para asegurarse que están limpias y libres de obstrucciones.

Reparación del tubo de vidrio del indicador del nivel de agua

Reemplace de inmediato un tubo de vidrio roto o descolorido. Reemplazos periódicos deben formar parte del programa de mantenimiento. Use un empaque de hule nuevo y del tamaño adecuado siempre que reemplace el tubo. No use “empaques holgados”, que pudieran ser forzados debajo del tubo de vidrio y posiblemente tapar el orificio de la válvula.

Cierre las válvulas cuando reemplace el tubo de vidrio. Coloque una tuerca de empaque, una arandela y un anillo metálico en cada extremo del tubo de vidrio.

Inserte un extremo del tubo dentro del cuerpo de la válvula superior del indicador lo suficiente, para que permita que el otro extremo calce en el cuerpo inferior. Deslice las tuercas de empaque dentro de cada válvula y apriete.

Si el tubo de vidrio se reemplaza cuando la caldera está funcionando, abra la llave de drenaje y permita que el tubo de vidrio se caliente de la temperatura de operación,

abriendo despacio las válvulas del indicador. Después que el tubo de vidrio se caliente, cierre la llave de drenaje y abra completamente las válvulas del indicador. Inspeccione las llaves de prueba y de nivel para verificar su operación y límpielas de ser necesario. Es imperativo que las llaves de nivel estén instaladas en un alineamiento preciso. Si no lo están, el vidrio quedará forzado y puede fallar prematuramente.

Limpieza del tubo de nivel

Los cristales de nivel en las calderas a menudo están cubiertos de herrumbre u otros materiales que opacan el visor.

Se los puede limpiar rápidamente sin tener que desmontarlos de la columna de nivel, llene un vaso con amoníaco para uso casero. Cuando haya vapor en la caldera, cierre la válvula superior e inferior del indicador y abra la válvula de purga. Abra ligeramente la válvula superior hasta que salga el agua del cristal y ciérrela. Sumerja el tubo de drenaje en el vaso de amoníaco, abra ligeramente la válvula superior del nivel hasta que el vapor del amoníaco en burbujas; el vapor que hay en el visor se condensará y creará un ligero vacío. Esto hace que el amoníaco suba al cristal por la presión atmosférica sobre el nivel libre del amoníaco del vaso. Repita esta operación hasta que el cristal brille y elimine la suciedad total del visor de nivel.

Como realizar la purga en la caldera de vapor.

La purga de agua de la caldera es la eliminación de agua concentrada en el recipiente de presión y su reemplazo con agua de alimentación, a fin de disminuir la concentración de sólidos en el agua de la caldera.

Los sólidos penetran con el agua de alimentación, aunque ésta haya sido tratada antes del uso por medio de procesos externos diseñados para remover sustancias indeseables que a la formación de incrustaciones y sedimentos. Sin embargo, ninguno de estos procesos es capaz de remover todas las sustancias por sí mismos.

Los sólidos se hacen menos solubles en el agua más caliente de la caldera y se acumulan las superficies metálicas de la transferencia de calor. Por lo tanto, el tratamiento químico interno es requerido para evitar la formación de incrustaciones y sedimentos perjudiciales.

Las incrustaciones tienen un bajo coeficiente de transmisión de calor y actúan como barreras aisladoras. Esto retrasa el traspaso de calor, que no solo resulta en menor eficiencia de operación y consecuentemente mayor consumo de combustible pero, de manera más importante, puede causar el recalentamiento del metal de la caldera. Esto puede producir fallas en la tubería o en otros metales del recipiente de presión, causando reparaciones y paralizaciones costosas.

Las incrustaciones son causadas principalmente por sales de calcio y magnesio, sílice y aceite. Cualquier cantidad de sales de calcio y magnesio en el agua de la caldera, generalmente se precipitan por el uso de fosfatos sódicos, junto con materia orgánica, para mantener estos precipitados o "sedimento" en una forma fluida no adherente.

Los sólidos como las sales de sodio y el polvo disperso no forman incrustaciones fácilmente pero, tan pronto se evapora el agua de la caldera, el agua sobrante es más concentrada con los sólidos. Si se permite que esta concentración se acumule, producirá espumación y arrastre de agua y el sedimento puede causar depósitos perjudiciales originando el recalentamiento del metal. Para la disminución o eliminación de esta concentración, es necesaria que el agua de la caldera sea purgada.



Figura 29. Lodos, corrosión, e incrustación que se pueden formar por mal tratamiento del agua en los controles de nivel. Debe ser eliminado por el proceso de purgado, ILLAMPU TEXTIL S.R.L.

Tipos de Purga.- Hay dos tipos de purga: Purga Manual intermitente y Purga Continua.

Purga Manual.- La purga manual o de sedimento es necesaria para la operación de la caldera sin considerar si se usa purga continua o no.

Los orificios de purga o drenaje están localizados abajo, en la parte más baja de la caldera, de forma que además de bajar la concentración de sólidos disueltos en el agua del recipiente de presión, también remueven una parte del sedimento acumulado en la parte más baja del recipiente.

Los componentes generalmente consisten de una válvula de acción rápida y una válvula de cierre lento. Estas, junto con la tubería necesaria, normalmente no se suministran con la caldera, pero se obtienen por otros suministradores.

Purga Continua.- La purga continua sirve para la eliminación continua de agua concentrada. El orificio de drenaje, se encuentra ubicado en la línea central superior del recipiente de presión y de un tubo colector interno que termina un poco más abajo del nivel de agua interno de la caldera con el propósito de eliminar, aceite u otras impurezas que se encuentran en la superficie de presión.

Una válvula de orificio regulada se usa para permitir el flujo continuo, esta es controlada por de la concentración del agua.

Ajuste de la válvula.- Esta se ajusta periódicamente para aumentar o disminuir la cantidad de purga de acuerdo con los resultados del análisis del agua. La tubería debe descargar al tanque.

Frecuencia de Purga Manual.- La purga manual se utiliza principalmente para controlar y eliminar sólidos suspendidos además del sedimento.

En la práctica, la válvula de purga en la parte inferior se abre periódicamente de acuerdo con un programa de operación y/o pruebas químicas de control. Desde el punto de vista de control, economía y resultados, se prefieren purgas frecuentes cortas a purgas ocasionales prolongadas, especialmente cuando el contenido de sólidos suspendidos en el agua es elevado. Con purgas frecuentes y cortas se mantiene una concentración uniforme del agua del recipiente de presión.

En casos de pureza extraordinaria del agua de alimentación, o cuando existe un porcentaje alto de condensado de retorno, la purga se puede efectuar con menos

frecuencia ya que se acumula menos sedimento en el recipiente de presión. Cuando los sólidos disueltos y/o suspendidos se acercan o exceden límites predeterminados, se requiere la purga manual para bajar estas concentraciones.

Generalmente se recomienda que se purgue una caldera a vapor por lo menos una vez cada ocho horas, pero esto puede variar dependiendo de las condiciones del agua y de la operación. El programa y número de purgas deberán ser recomendados por el técnico o compañía de tratamiento de agua.

Procedimiento para la Purga Manual.- La purga es más efectiva en un periodo cuando la generación de vapor está a su nivel más bajo, ya que la admisión de agua de alimentación es también baja, suministrando una dilución mínima de agua de la caldera con agua de alimentación de baja concentración.

Asegúrese que la tubería de purga y el tanque, estén en buenas condiciones, tubos de descargue libre de obstrucciones, y que la descarga se lleve al tanque de purgas. La mayoría de las líneas de purga se suministran con dos válvulas, generalmente una válvula de acción rápida bien cerca de la caldera y una válvula tipo Y de globo de acción lenta, adelante. Las válvulas varían dependiendo de la presión y la marca o fabricante. Si se dan válvulas sin asiento, siga las recomendaciones del fabricante. Si se usan en combinación una válvula de acción rápida y una tipo "Y" de globo de acción lenta, normalmente la primera se abre primero y se cierra por último, y la purga se logra por medio de la válvula de acción lenta o la válvula tipo "Y" de globo. Cuando se abre la segunda válvula o la que está más lejos de la caldera, ábrala ligeramente en las líneas se calientan un poco, y luego continúe abriéndola despacio.

Precaución en el proceso de purgado.- No abra primero la válvula de acción lenta y bombee la válvula de acción de palanca, ya que el golpe de ariete del agua es capaz de romper los cuerpos de las válvulas o accesorios de la tubería.

La duración de cada purga debe determinarse por el análisis de agua actual.

Disminuyendo el agua en el indicador de vidrio aproximadamente % "(1.3 cm.) es a menudo aceptable como guía para una purga adecuada. Sin embargo, esto no debe interpretarse como regla ya que deben prevalecer los procedimientos del análisis de agua. Si la persona que opera la válvula no puede ver el vidrio, otra persona deberá vigilar el vidrio y dirigir al operador de la válvula.

Cierre primero, tan rápido como sea posible, la válvula (de acción lenta) que está más lejos. Luego cierre la válvula que está más cerca de la caldera. Abra ligeramente la primera válvula y luego ciérrela firmemente.

Bajo ninguna circunstancia se debe dejar abierta una válvula de purga, el operador no debe alejarse hasta completado la operación de purga y las válvulas se hayan cerrado.

Lavado a presión de la caldera

Caldera de Agua Caliente.- En teoría, un sistema de agua caliente y una caldera que hayan sido lavados inicialmente, se haya llenado con agua cruda (y el agua tratada), y sin agregar agua de reemplazo, no requerirá limpieza adicional o tratamiento. Sin embargo, ya que el sistema (nuevo o viejo) puede permitir la entrada de aire y haber algún escape de agua que ha pasado desapercibido, debe considerarse la posibilidad que la entrada de agua de reemplazo cruda o aire, puede conducir a la formación de picaduras, corrosión y formación de grasa, sedimento, incrustaciones, etc., en el nivel interior de la caldera.

Si el operador tiene la certeza absoluta de que el sistema está bien hermético, entonces es suficiente una inspección anual del interior de la caldera.

Si hay alguna duda, se debe inspeccionar el nivel interior de la caldera después de un periodo no mayor de tres meses, luego de haber puesto inicialmente la caldera en operación, después periódicamente de acuerdo a las condiciones que se observen durante las inspecciones.

Caldera a Vapor.- Después de un periodo no mayor de tres meses de haberse puesto inicialmente la caldera en operación, y de allí en adelante si lo ameritan las condiciones, se debe drenar el recipiente de presión después de enfriarse adecuadamente a temperatura ambiente, removerse las tapas de las compuertas de acceso manual, e inspeccionarse las superficies del nivel interior de la caldera por corrosión, picaduras o formación de depósitos.



Figura 30. Vista de arriba el estado de los tubos de la caldera, ILLAMPU TEXTIL S.R.L.

Lavado a Presión del interior del Recipiente a Presión.- Terminada la inspección, el interior del recipiente a presión debe lavarse según se requiera con una manguera de agua a presión. De no removerse bien los depósitos con el lavado, la situación podría requerir una consulta inmediata con el técnico o compañía de tratamiento de agua, y en casos extremos, podría ser necesario recurrir al uso de limpieza con ácido. Se recomienda asesoramiento profesional en caso se requiera el uso de ácido para la limpieza.

Estas inspecciones indicarán la efectividad del tratamiento del agua de alimentación. La efectividad del tratamiento, las condiciones del agua y la cantidad de agua de reemplazo requerida, son factores que se deben considerar para establecer la frecuencia de lavados a presión futuros del recipiente de presión. El servicio del técnico o compañía de tratamiento de agua de alimentación, deberá incluir inspecciones periódicas del recipiente de presión y nuevos análisis del agua.



Figura 31. Personal realizando el lavado del interior de la caldera, ILLAMPU TEXTIL S.R.L.

Reparación del Refractario

Precaución.- Los fabricantes de refractarios y empaques, como de otros materiales utilizados en calderas han elaborado hojas con información de Seguridad de Materiales para cada uno de sus productos. Muchos de estos productos contienen sílica libre o cristalina y otros productos que son considerados dañinos y presentan un riesgo a la salud si son manejados inadecuadamente.

La sílica cristalina ha sido clasificada como una carcinógena clase 2A. Muchos otros materiales incluyendo fibra de vidrio y los subproductos del trabajo en metal, presentan una amenaza potencial a la salud bajo diferentes condiciones. Información típica para el manejo de materiales comúnmente usado en calderas, están indicados en las normas y usos de materiales refractarios y debe ser revisado antes de dar mantenimiento, reparar, limpiar u operar los equipos en el cuarto de la caldera. Esta información de seguridad de materiales presenta advertencias detalladas de los peligros de los materiales usados en la fabricación de la caldera.

Reemplazo del Refractario de la Puerta Trasera.- Cuidadosamente remueva la puerta trasera de la caldera y colóquela en posición horizontal sobre una plancha de madera.

1) Remueva todo el refractario viejo y el bloque de aislamiento. Limpie bien los escombros.

2) Inspecciones mínimas requeridas antes de mezclar el refractario:

La mezcladora, moldes y todas las herramientas a utilizarse en la instalación del refractario deben ser completamente limpiadas y lavadas para evitar contaminación. Mezcla, instalación y cura del concreto refractario, debe hacerse a temperatura ambiente entre 50 y 80°F. Temperaturas a los extremos requieren precaución para evitar que se congelen o sequen muy rápidamente.

El área en el que pondrá el refractario debe limpiarse de toda soldadura, escoria, suciedad, agua y toda materia extraña. Asegúrese que todos los anclajes estén soldados adecuadamente y que no hayan perdido su forma o doblados. Nivela la puerta antes de vaciar la mezcla. Asegúrese de que exista la suficiente cantidad de refractario y agua.

3) Coloque el molde en su hogar a lo largo del borde sellador de la puerta e instale el tapón en la mirilla de observación. Cubra el tapón y el molde con aceite liviano.

Precaución: Asegúrese de leer las etiquetas de los empaques para seguir las instrucciones que describen las protecciones para la respiración vestimenta, ojos o cualquier otra protección necesaria mientras se trabaja con o cerca del refractario.

4) Todo el concreto refractario debe ser mezclado en seco por un minuto para redistribuir el agregado. Abra solo los sacos necesarios de refractario para completar la mezcla requerida. El agua para la mezcla debe ser potable (para beber). La temperatura del agua debe estar entre 55°F a 70°F.

5) El concreto refractario es probado en su consistencia usando la prueba de la bola en la mano. Forme una bola compacta de mezcla de refractario en su mano. Tire la bola al aire a 12'' de altura y atrápela con la mano. Si la bola mantiene su forma pero algo de esta empieza a escurrirse entre sus dedos contiene la cantidad correcta de agua. Si comienza a desmoronarse contiene poco agua.

Gradualmente añada una pequeña cantidad de agua y mezcle nuevamente. Si se escurre entre los dedos contiene mucha agua y debe desecharse. El exceso de agua reduce la consistencia del refractario dramáticamente. La cantidad de agua no debe exceder la nominal listada en la funda del refractario. Mezcle el concreto refractario por cuatro minutos. La cantidad mezclada no debe exceder a la cantidad que pueda ser colocada en veinte minutos.

6) El refractario debe ser vaciado en dos capas iguales. La primera capa consistente de "Franco-Lite 21" y una capa final de "Hydrecon 29-75".

Vacíe la primera capa de "Franco-Lite 21" y déjela secar por espacio de dos horas mínimo. Con cuidado trabaje el refractario alrededor del anclaje y las esquinas removiendo las burbujas de aire con la espátula. El uso del vibrador debe limitarse solo al tiempo suficiente para eliminar las burbujas de aire. No vibre en exceso. La vibración no debe ser continua y debe tomar como máximo uno o dos minutos.

El refractario "Hydrecon 29-75" debe vaciarse un poco más arriba de la parte superior del molde.

La parte superior debe estar nivelada con un borde recto y espátula sin trabajar demasiado con el material. Dé un acabado mínimo a la superficie. No trate de alterar

la superficie después de haber pasado 20 minutos ya que el refractario ha empezado a fraguarse.

7) Es preferible no mover la puerta una vez vertido concreto con una lámina de plástico. Mantenga el concreto vertido cubierto por 24 horas mínimo. El molde no debe ser retirado antes de las veinticuatro horas.

8) Remueva el molde del borde sellante y el tapón de la mirilla.

9) Taladre aproximadamente 10 huecos de $\frac{1}{2}$ de pulgada alrededor de la cara de la puerta trasera.

Precaución: No deje que ningún refractario entre en contacto con el fuego de la caldera en por lo menos 48 horas, la explosión de fragmentos refractarios puede ser el resultado.

10) Para secar la puerta trasera colóquela en un horno 24 horas después del vaciado inicial, e incremente la temperatura de la siguiente manera:

a. Aumente lentamente desde la temperatura ambiente a 200°F. (100° cada 15 minutos).

b. Sosténgala en 200°F. Por cuatro horas y media.

c. Aumente lentamente de 200°F a 600°F. (150° grados por hora).

d. Sosténgalo a 600°F. Por un mínimo de seis horas.

e. Déjelo enfriar lentamente a temperatura ambiente (200° por hora).

Si un horno no está disponible, seque la puerta con el quemador a fuego lento por dos horas y luego enfríe lentamente a temperatura ambiente. No deje que el refractario se fragüe a temperaturas menores a los 40°F, ya que se puede dañar el refractario.

11) Coloque nuevamente las puertas en las bisagras.

12) Suelde los agujeros de drenaje.

13) Coloque un nuevo cordón de empaque en el borde de sellado de la puerta.

14) Cierre y emperne la puerta en su lugar.

Reemplazo del refractario “Fiberfrax”

1) Remueva todo el refractario viejo y el bloque de aislamiento. Limpie bien los escombros “Remoción y Reemplazo de los Empaques y Puertas Posteriores”.

2) Luego de removido el refractario viejo, raspe la tapa completamente para obtener una superficie limpia y pareja para asegurar una unión buena del refractario nuevo.

3) Comience con una pieza completa del bloque refractario, en el centro de la cubierta corriéndola verticalmente (para evitar uniones en el área de la mirilla). Un dimensionamiento correcto de los bloques puede obtenerse presionado suavemente el Fiberfrax sobre los anillos retenedores del refractario. Esto le hace una marca la cual se puede seguir con una sierra.

Localice la mirilla de la misma manera.

4) Corte los bloques de la misma manera, llenando el área remanente de refractario. Mantenga las uniones ajustadas. Coloque un mínimo de piezas.

5) Aplique la capa de Fiberfrax a la cubierta de hierro utilizando una espátula dentada (como aquellas para pegar linóleum). El mismo cemento es aplicado en los filos de cada bloque al momento de ser colocados en su lugar. Selle todas las uniones con este cemento.

Instrucciones de cómo instalar Baldosas Nuevas en el Hogar.

1) Antes de intentar cementar los ladrillos en posición, coloque los ladrillos en seco al final del hogar. Esto le dejará aproximadamente cuanto cemento necesitará en la parte posterior de los ladrillos y entre las uniones. Esto es también, un chequeo para determinar si el tamaño de los ladrillos son adecuados para el tamaño de la caldera.

2) Cemente el primer ladrillo en posición. Golpee suavemente con el mango del martillo para asentarlos. Continúe rellenando los lados. El ladrillo de más arriba será el ladrillo principal y debido a la lengüeta y ranura en los ladrillos, deberán ser colocados de adelante hacia atrás. Si el ajuste es demasiado apretado para permitir que el ladrillo sea colocado en posición, golpee suavemente los ladrillos para que se muevan hacia abajo y hacia atrás del hogar. No los coloque muy flojos, deben encajar en la lengüeta y el canal, mantenga dé 1/8 de pulgada a 3/8 de pulgada de fuga en la parte superior para la expansión.

3) Cuando se utilizan dos o más hileras de ladrillos, coloque la unión de un ladrillo en forma tal que a la mitad del ladrillo de la otra hilera.

4) Empareje el cemento en las uniones y no permita que el cemento sobresalga de la superficie del ladrillo. No permita que ningún ladrillo este más elevado que el cono del refractario de aire cuando se unen en el hogar.

Instrucciones para la instalación de Refractario Plástico en el Arco Posterior.

a. Antes de remover el refractario viejo, anote el espesor en diferentes posiciones de la caldera. Si usted tiene el espesor más grande de lo que debería ser, la tapa posterior no entrará adecuadamente.

b. Verifique el refractario en el espejo de los tubos para que el refractario quede aproximadamente $3/8$ de pulgada más abajo que los tubos. Esto se hace para que un expansor para tubos pueda ser usado si es necesario.

c. Esté seguro de hacer buena unión alrededor del hogar para que no haya obstrucción.

d. No es necesario alisar el refractario. Es mejor que continúe áspero ya que se secará más rápido.

e. Planee el trabajo de tal manera que se pueda completar sin demora y asegurar una adecuada unión y fraguado.

f. Después que ha terminado el trabajo, verifique los lados y la parte superior para asegurarse que no esté desnivelada. Si lo está, unos pequeños golpes pueden ser necesarios para que se una mejor alrededor de los anclajes. Esto pasa algunas veces si el material es de fabricación reciente y está muy suave. Si se reconoce cuando se abre un cartón, puede romperse en pequeños pedazos, y permitir que tenga la consistencia adecuada.

g. No golpee demasiado con el martillo, observe el material a unirse con el material que ha sido martillado y deje de martillar.

1) Antes de reemplazar el refractario del arco de la caldera, verifique el anclaje para asegurarse que no estén rotas en la soldadura. Asegure el anclaje de acuerdo al espesor del refractario. El anclaje es de suma importancia para mantener el refractario en su lugar.

2) Si usted tiene brea o resma disponible, cubra el anclaje. Papel periódico puede ser utilizado si se envuelve en los ganchos de tal forma que no se caiga cuando golpee el refractario en la caldera. El propósito de esto es para dejar un espacio en los

ganchos durante la expansión y contracción de la caldera después que el material ha sido quemado.

3) El material refractario deberá ser de una consistencia flexible, que pueda trabajarse fácilmente con las manos. Nunca intente colocar refractario seco en una caldera ya que no se unirán adecuadamente y se puede caer.

4) La mayoría del refractario plástico vienen en otras. Parta una o dos tortas en pequeñas piezas, como del tamaño de su mano o más pequeña, y colóquelos en el fondo de la caldera para su conveniencia.

5) Comience colocando el refractario de los soportes de la tubería en la posición más baja del arco, con un martillo de 2-1/2 libras, empiece a apisonar el refractario alrededor de los ganchos. Continúe agregando piezas pequeñas y continúe trabajando todo el material, rellenando el ancho del arco y aumentando el espesor.

6) Continúe por los lados hacia arriba compactando el material uno contra el otro. Continuamente verifique que se mantenga el espesor adecuado, ya que no es buena práctica aumentar el espesor posteriormente ya que no se unirán.

7) Continúe uniendo el refractario a la parte superior central de la caldera.

8) El segundo lado debe estar ahora terminado de la misma forma que el primero.

9) Después que el refractario ha llegado al punto donde se encuentra el hogar, el refractario debe gradualmente disminuir el espesor de tal manera que quede a ras con el hogar. Este trabajo puede hacerse de la misma manera, antes de que el refractario se seque y sea más difícil el trabajo.

10) Ahora el fondo de la caldera puede ser terminado.

11) Se necesitan anclajes para refuerzo. El fondo no es tan crítico como los lados y la parte superior. No use piezas grandes. Continúe uniendo piezas pequeñas de la misma manera que se hizo en los lados y en la parte superior.

12) Comience en el fondo a los extremos donde se inician los lados. Asegúrese que el material esté bien unido con los lados ya que el material ha llegado, en este punto, a secarse con el aire y fraguar.

13) A medida que aumenta el espesor del refractario algún material se moverá más allá de la tira de sello. Córtele parejo a la tira del sello con la espátula. Este le permitirá a usted continuar verificando el espesor del refractario.

Instalación de un Refractorio cónico

Remueva el quemador.

- 1) Remueva el refractorio viejo y raspe la superficie para asegurar una unión adecuada del nuevo refractorio.
- 2) Mida el tubo del quemador para verificar redondez. Un tubo fuera de redondez puede que no entre en el hogar.
- 3) Comience con el ladrillo refractorio del fondo. Cubra el diámetro exterior, la cara y el ángulo que se adapta contra el plato del quemador.
- 4) De la misma manera, cubra e instale ladrillos restantes. Utilice un martillo de madera de caucho para colocar los ladrillos finales.

Importante: Remueva el exceso de mezcla de las uniones y alíselas con un trapo húmedo.

- 5) Elimine el exceso de mezcla de todas las superficies expuestas del plato del quemador.
- 6) Abra la parte delantera del quemador y selle el diámetro interior y exterior de la placa de montaje del quemador con cemento. Esto evita las fugas de gas hacia el conjunto del quemador.

Déjelo secar antes de colocarlo en la caldera.

Remoción y Reemplazo de los Empaques y Puertas Posteriores.

- 1) Remueva los dos ángulos atornillados que aseguran la unión entre la cubierta inferior y las dos cubiertas superiores.
- 2) Remueva las tuercas (o cuñas) y levante las dos cubiertas superiores.
- 3) Remueva las tuercas (o cuñas) y gire la bisagra para abrir la cubierta inferior.
- 4) Reemplace todos los empaques antes de colocar nuevamente las cubiertas. Utilice cemento (como por ejemplo 3M) para sostener ambos el empaque de cinta de fibra de vidrio y el cordón de empaque de 1 pulgada durante el ensamble. Utilice juntas de tope (no traslapadas) para un buen sellado. La unión del cordón de 1 pulgada debe hacerse en la parte inferior de la cubierta.
- 5) En las calderas con bisagras opcionales, el tornillo de ajuste puede necesitar graduación para asegurar una alineación adecuada.
- 6) Cubra todos los pernos con grasa o lubricante antiaferrante.

- 7) Con las cabezas en su lugar, coloque las arandelas y las tuercas (o cuñas) sin apretarlas.
- 8) Coloque los ángulos empernados sin apretar. Verifique que las cubiertas están adecuadamente asentadas en los empaques para un buen aislamiento. Apriete las tuercas en los ángulos lo suficiente para comprimir el cordón de empaque de 1”.
- 9) Apriete las demás tuercas (o cuñas) hasta obtener un buen sello.

Reemplazo del Empaque de la tapa Delantera.

- 1) Remueva el quemador.
- 2) Remueva los pernos que sostienen la tapa delantera a la caldera, y quite la tapa.



Figura 32. Refractario cónico, Miguel Sonco Pasante, caldera pirotubular, ILLAMPU TEXTIL S.R.L.

- 3) En las calderas con tapas opcionales de bisagras, desenrosque los dos pernos especiales de bisagra uniformemente, hasta que la tapa se libere de los pernos de la caldera.
- 4) Reemplace todos los empaques antes de colocar nuevamente la tapa. Use cemento (como el de 3M) para sostener la cinta de empaque de fibra de vidrio en su lugar de montaje. Coloque las uniones a tope (no traslape) para un buen sello.
- 5) En calderas con tapas opcionales de bisagra, coloque la tapa en posición, luego apriete los dos pernos especiales uniformemente hasta que la tapa vuelva a su lugar.
- 6) Cubra todos los tornillos con grasa o lubricante antiaferrador.
- 7) Apriete todos los pernos en el centro del hogar.
Apriete los pernos uniformemente alrededor de los bordes.

Cambios de tubos de Fuego.

Causa de Fugas en los Tubos.

Los tubos de la caldera en ocasiones se aflojan y requieren reparación. Normalmente los tubos gotearán en los puntos de unión con el espejo, este tipo de gotera generalmente ocurre al principio en los tubos del primer paso.

Esta condición puede ocurrir bajo las siguientes circunstancias:

1. Combustión excesiva (sobre la capacidad) de la unidad.
2. Choques térmicos en la unidad.
3. Fuego alto en una caldera fría.
4. Incrustaciones en tubos y espejos.
5. Condensado frío.
6. Oxígeno en el agua.

Combustión Excesiva en la unidad.- Esto causará temperaturas excesivas en la tapa posterior. Llegará en un punto donde el porcentaje de calor transferido por la llama a través del metal hacia el agua no será lo suficiente y habrá un incremento gradual de temperatura en la tapa posterior. La temperatura al final de los tubos comenzará elevarse a 750° F. Lo que causará que la unión de los tubos se afloje. Fugas comenzarán si la condición se prolonga.

Choques Térmicos en la unidad.- Un choque térmico en la unidad describe una condición donde el agua caliente en la unidad es reemplazada súbitamente por agua más fría. Si esta condición se prolonga por un tiempo indefinido, los tubos, al contraerse y expandirse, pueden aflojarse en las uniones y ocasionar fugas. Esta condición es particularmente importante en calderas de agua caliente donde la cantidad de agua que retorna a la caldera depende de los sistemas de retorno y operación.

Si la caldera no es protegida del eventual ingreso de agua fría a través del diseño u operación, es recomendable corregir esta condición lo más pronto posible ya que el daño es inevitable.

Fuego alto en una Caldera Fría.- El fuego alto en una caldera fría es otra manera de ocasionar lagrimeo o fugas en los tubos. Es recomendable que la unidad sea

llevada a la temperatura de operación lentamente, poniendo la misma a bajo fuego hasta que la temperatura deseada sea alcanzada.

Las fugas también pueden ocurrir si una caldera caliente es repentinamente apagada al mismo tiempo. La unidad continuará produciendo vapor y el nivel de agua decaerá. Llegará un momento en que los tubos se sobrecalentarán.

Los tubos de la caldera son usualmente el punto donde se hace visible la falla, ya que cuando se doblan o ampollan siempre ocurre cerca del refractario caliente. Este es el mismo caso de poner una caldera a fuego alto estando la misma sin agua.

Incrustaciones en tubos y espejos: Esto eventualmente causará que la unidad gotee.

Condensado Frío: el retorno de condensación frío eventualmente causará que los tubos tengan fuga. Es recomendable que la temperatura de retorno del condensado sea controlada para que nunca caiga por debajo de 160°F.

Los usuarios de vapor de alta presión para proceso donde se necesita gran cantidad de reposición, tengan cuidado de no solo tratar el agua adecuadamente, sino que el agua fría sea calentada. La manera más fácil, es de conectar un serpentín de vapor o calentador en el tanque de condensado. El tanque es venteado a la atmósfera, este método ayudará a eliminar el oxígeno disuelto en el agua antes de que llegue a la caldera. Es todavía necesario el tratamiento para eliminar el oxígeno disuelto a través de un adecuado suministro de sulfato de sodio de acuerdo a la recomendación de la empresa especializada en el tratamiento de agua empleada.

Oxígeno en el agua: Es un punto importante de tener en consideración. Todo dueño de un equipo nuevo o usado debe tomar precauciones sobre este tema, sin importar que tipo de caldera que esté usando. Calderas de agua caliente, calderas de baja y alta presión requieren igual cuidado.

Condensación en el lado de Fuego.

Bajo ciertas condiciones, el vapor es condensado en los ductos de gas y forman gotas de humedad en los tubos y en los espejos. La cantidad de agua producida depende enteramente del tiempo en que estas condiciones prevalecen. Debido al alto calor en la cámara de combustión, el agua permanece en estado de vapor y es transportada a través de los ductos con el producto de combustión.

El agua permanecerá en estado de vapor mientras no sea enfriada al “punto de rocío” (La temperatura a la cual el vapor retorna al estado líquido).

La experiencia nos ha demostrado que si los gases de la chimenea tocan cualquier superficie que esté a 1400°F o menos, pequeñas gotas de agua se formarán en la superficie y continuarán formándose mientras mantengan esta temperatura y los gases sigan pasando por allí.

Una caldera de agua caliente de combustión a gas es perfecta para este tipo de condensación. Si la temperatura de la caldera es bajada a aproximadamente a 140°F la humedad comenzará a condensarse en el tubo de chimenea. La humedad se acumulará en la superficie de los tubos y del espejo. Si la humedad permanece a esta baja temperatura por un periodo prolongado de tiempo, se producirá una cantidad considerable de agua y parecerá que la caldera tendría fugas.

Algunos sistemas de calentamiento están diseñados para variar la temperatura del agua alimentada a los calentadores de la unidad, radiadores, etc., de acuerdo con la temperatura exterior. Según la temperatura exterior se calienta, la temperatura hacia los calentadores se reduce. En la mayoría de los casos la temperatura del agua a la caldera es bajada para controlar la temperatura del sistema.

Si la temperatura del agua cae por debajo de 140°F, el agua se condensará de los gases de la combustión y esta goteará hacia fuera de la unidad. No es recomendable que la temperatura del sistema sea controlado bajando la temperatura del agua. Es recomendable que la temperatura sea controlada a través de un dispositivo en el cual se mezcle suficiente agua de la unidad con agua que retorna del sistema para entregar la temperatura requerida por el sistema.

Instalación de tubos nuevos.

1) Mandril de Expansión.- Los mandriles de expansión (figura 33) están diseñados para cubrir la dimensión y calibre de los tubos como el ancho del asiento o espesor del espejo. Los rodillos son cónicos para expandir los tubos paralelos al asiento. La herramienta tiene el largo suficiente para expandir los tubos de un cuarto de pulgada (1/4”) a media pulgada (1/2”) pasado el filo interior del asiento o espejo. Esto le da al tubo una barriga en el filo interior del asiento y evita que se salga cuando el lado opuesto del tubo es expandido. El diámetro mayor de los rodillos son redondeados

para evitar que se claven en el tubo mientras se mueve hacia adelante. Un mandril del tamaño correcto debe usarse para cada trabajo de unión. Hay dos formas de realizar el avellanado: manual y a motor (figura 34). El avellanado a mano es más difícil, pero hay menos riesgo de dañar los tubos por sobre expansión.

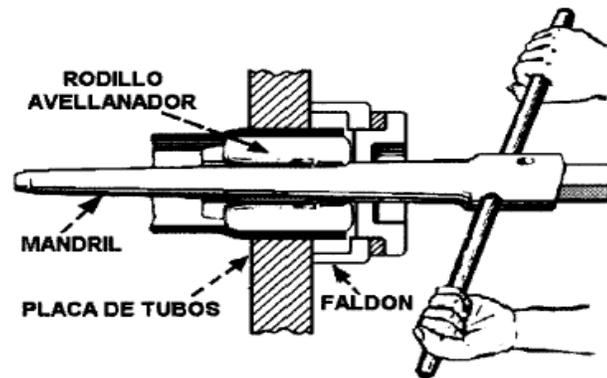


Figura 33. Mandril para avellanar los tubos sobre el espejo.

Fuente: Equipos industriales para reparación y mantenimiento.



Figura 34. Los expansores pueden ser manuales o a motor.

Fuente: Equipos industriales para reparación y mantenimiento.

2) Instalación de Tubos.- Antes de que los nuevos tubos sean instalados, todos los extremos de los tubos y espejos deben ser cuidadosamente limpiados.

Todos los materiales que protegen al tubo deben ser removidos, y los extremos limpiados con tricloretileno de carbón o una solución equivalente. El óxido debe removerse con una lija bien fina. Todos los extremos de los tubos y los asientos deben estar lisos y libres de grasa, óxido o cualquier materia extraña.



Figura 35. Tubos de la caldera pirotubular, ILLAMPU TEXTIL S.R.L.

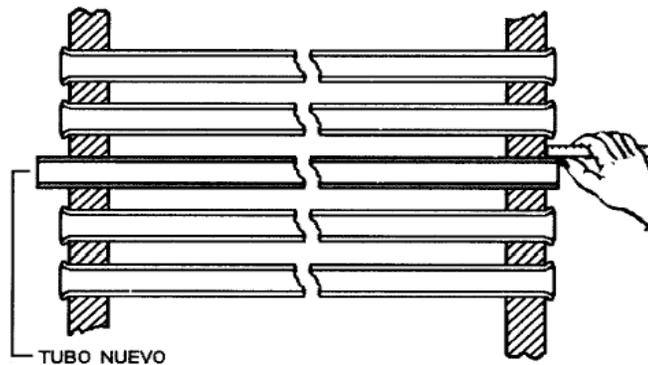


Figura 36. Instalación de tubos en la placa de tubos (espejos), debe sobresalir entre 1/4" a 1/2".

Fuente: Equipos industriales para reparación y mantenimiento.

3) Corte de tubos.- Proceda a cortar los tubos utilizando un cortador de cuchillas interiores, no se debe cortar con cuchillas exteriores porque forma rebabas, las que dificultan el ingreso de los expansores, de no tener la cortadora de interiores, utilice sierra.

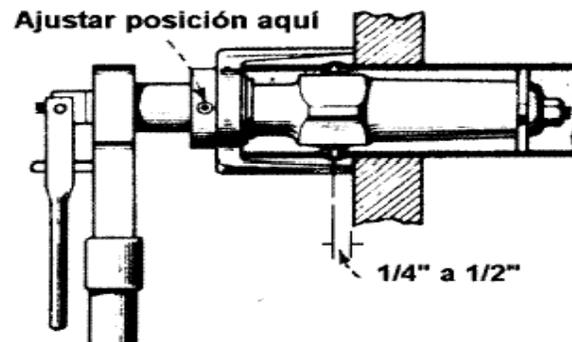


Figura 37. Corte de tubos con cortador de cuchillas interiores.

Fuente: Equipos industriales para reparación y mantenimiento.

4) Los tubos deben ser instalados tan pronto sean recibidos.- Cualquier tubo que se oxide antes de ser expandido debe ser retirado y limpiado nuevamente.

5) Lubricación: Un lubricante preparado para el mandril de expansión debe usarse para lubricar los rodillos del mandril. Este tipo de lubricante es más fácil de eliminar de la superficie de la caldera que el aceite mineral durante el proceso de calentamiento de limpieza. El mandril debe ser lavado frecuentemente en diesel para mantenerlos limpios. En trabajos continuos de expansión, es recomendable tener los mandriles, para dejar que uno de ellos se enfríe mientras el otro está en uso. Los tubos en la parte inferior de la caldera de tubos de fuego debe ser expandida primero.

6) Laminación de los Tubos.- Para comenzar el proceso de laminación, coloque el mandril de tal manera que el lado pequeño de los rodillos de abocinamiento comiencen a entrar en el tubo. El cuerpo del expansor comenzará a moverse hacia el interior del tubo a medida que es girado en dirección de las manecillas del reloj. Es necesario colocar el expansor más hacia el final del tubo cuando se expande a un tubo en un asiento o espejo delgado.

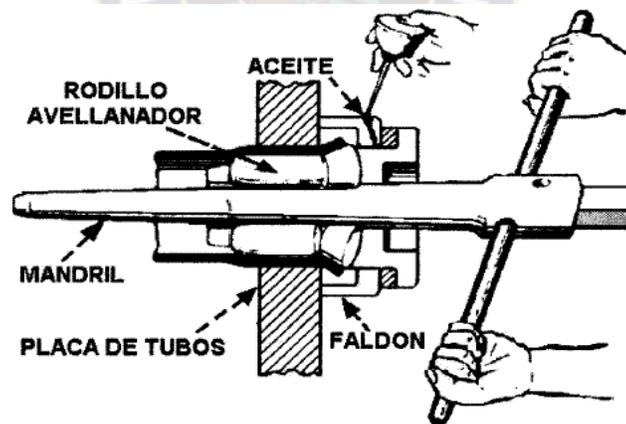


Figura 38. Expansión manual de tubos

Fuente: Equipos industriales para reparación y mantenimiento.

7) Si el expansor ha sido colocado adecuadamente, el tubo estará correctamente expandido al momento que el lado pequeño de los rodillos de abocinamiento alcancen el filo exterior del asiento o espejo. El lado pequeño de los rodillos de abocinamiento no deben pasar el filo exterior del asiento o espejo.

8) El trabajo de expansión debe ser lo suficientemente lento para evitar que los tubos se recalienten mientras se expanden. El tubo que se recalienta mientras es expandido puede contraerse del asiento mientras se enfría.

9) Es preferible tener los tubos sin expandirse demasiado que sobrepase en el expandido, ya que un tubo flojo por falta de expansión puede expandirse nuevamente si falla en la prueba hidrostática. Si el tubo es sobre expandido tiene que ser retirado y un nuevo tubo debe ser instalado.

10) Cuando el tubo ha sido correctamente expandido tendrá una pequeña barriga de un cuarto de pulgada (1/4") pasado el asiento o espejo. El diámetro de esta barriga debe ser aproximadamente 0.20 pulgadas mayor que el diámetro original del hueco del tubo.

11) **Señal de Sobre Expansión.-** Cuando un tubo ha sido expandido lo suficiente, la presencia de escamas o pinturas es una indicación de sobre expansión. Si hay presencia de escamas la operación de expansión debe pararse.

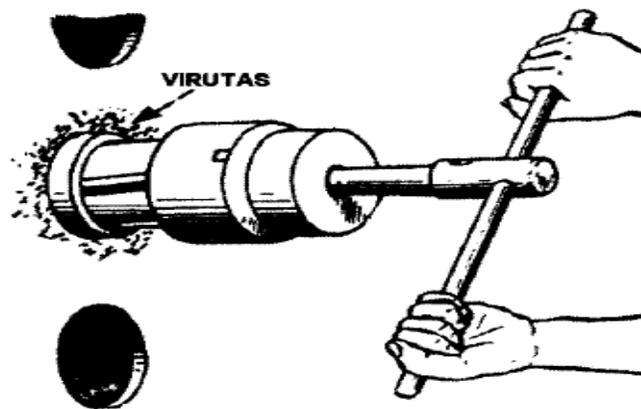


Figura 39. Presencia de virutas en la placa de tubos por efecto de sobreexpansión.

Fuente: Equipos industriales para reparación y mantenimiento.

12) **Tubos Sobre expandidos.-** Cuando un tubo es severamente sobre expandido, su dureza de trabajo y otras propiedades físicas son cambiadas. El sobre expandido en frío del metal reduce su ductilidad y dará como resultado fisuras en la superficie reduciendo su resistencia a la corrosión. La fuerza de retención de un tubo expandido es reducido por la sobre expansión.

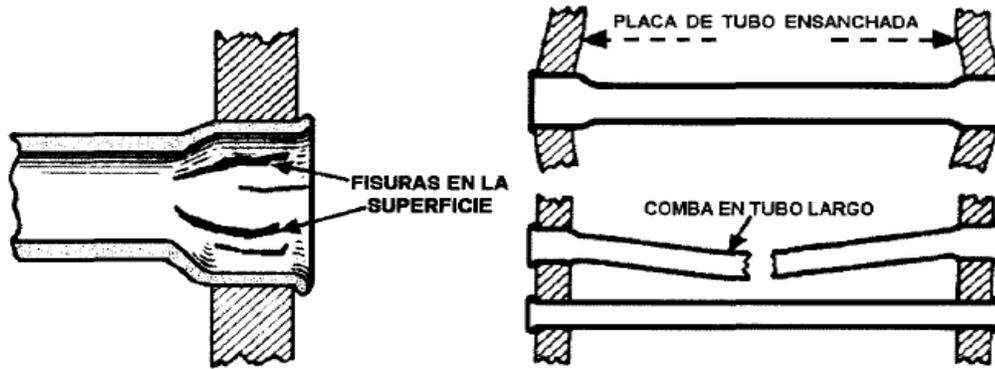


Figura 40. Efectos negativos por sobreexpansión de tubos.

Fuente: Equipos industriales para reparación y mantenimiento.

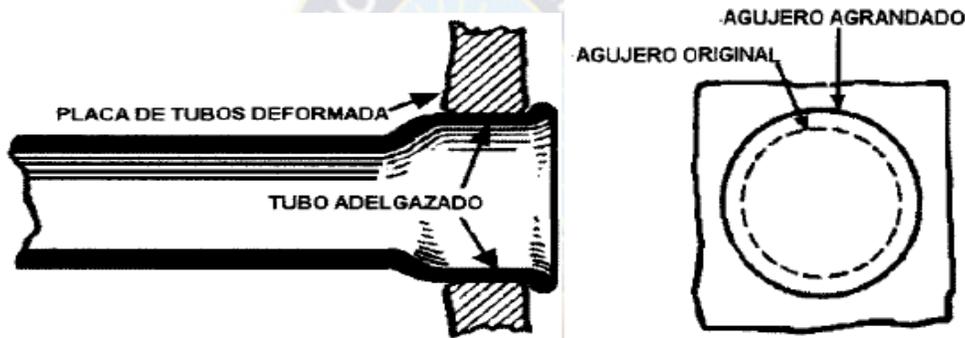


Figura 41. Agujero excesivo y adelgazamiento del espesor del tubo por sobreexpansión.

Fuente: Equipos industriales para reparación y mantenimiento.

13) Acampanado.- El acampanado, o campana del tubo en la parte exterior del espejo debe ser igual al diámetro del tubo más un octavo de pulgada (1/8”).

Reparación y reemplazo de tubos.- Reparación o reemplazo de tubos son a veces necesarios debido a incrustaciones, choques térmicos, corrosión o picaduras.

1. “Retoque” de Tubos.- Normalmente sólo es necesario retocar los tubos de la caldera. Es recomendable que un rodillo de expansión manual sea usado para este proceso. Para retocar tubos que lagrimean, dele vuelta al rodillo de expansión manual una vuelta y media desde el punto donde el mandril de expansión agarra y comienza a expandirse.

Debe tener extremo cuidado si lleva a cabo una operación de expansión de tubos, para evitar que el reborde del tubo se salga del espejo. Si el reborde se sale del espejo más de 0.002”, el tubo debe ser rebordeado.

2. Remoción de las Incrustaciones Externas.- Si el espejo del tubo está cubierto de incrustaciones o sales, debe tomarse sumo cuidado el remover estas incrustaciones del asiento del tubo. Cualquier acumulación de incrustaciones debajo del asiento actuará como un aislador y retardará la transferencia de calor del asiento del tubo al espejo. El final del tubo se recalentará y fallará.

3. Remoción de tubos.- Cuando se remueven tubos asegúrese de no dañar las perforaciones del espejo de los tubos. Si se han desarrollado grietas, o se han iniciado en las uniones, remueva el paso completo de tubos y del espejo del tubo.

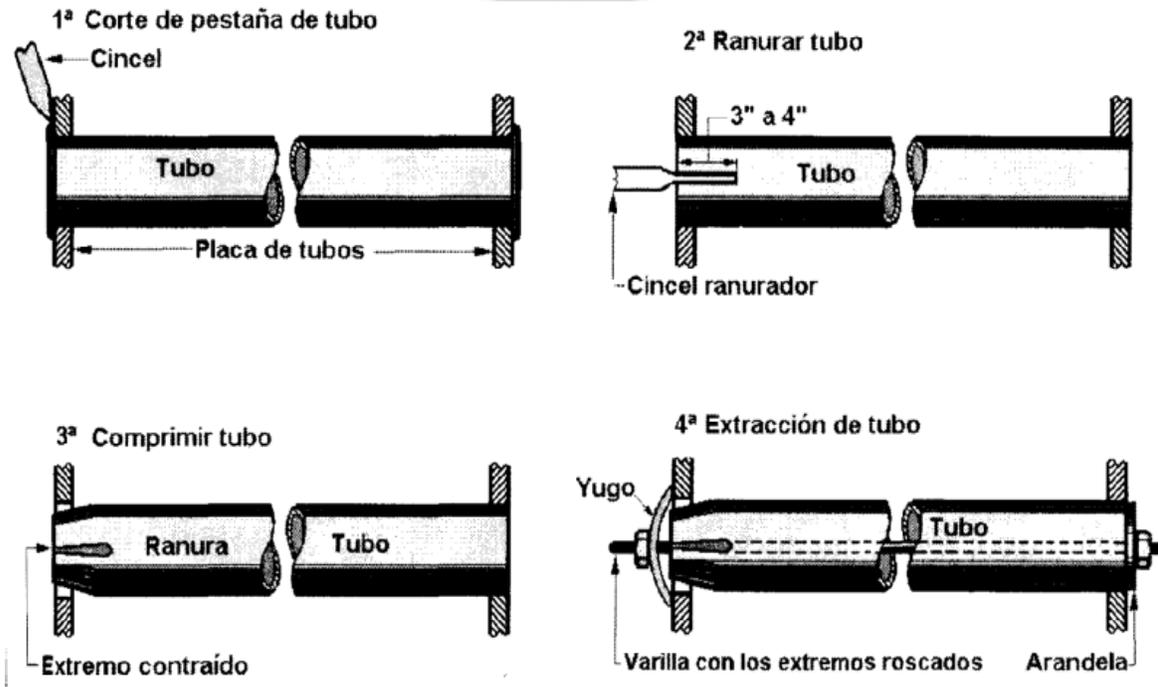


Figura 42. Procesos de desmontaje de tubos.

Fuente: Manual de Calderas Cleavers Brooks.

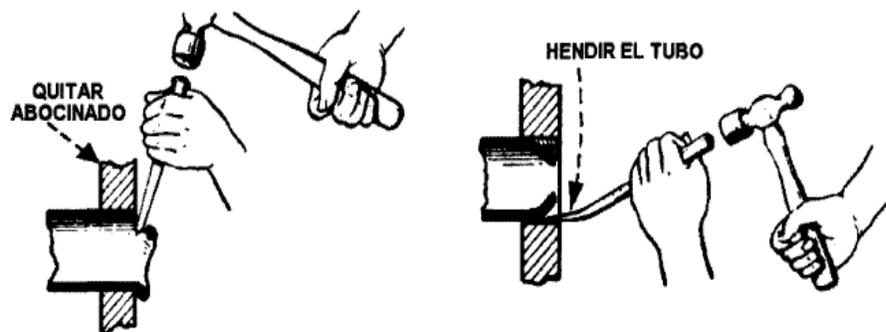


Figura 43. Preparación del extremo para su extracción.

Fuente: Equipos industriales para reparación y mantenimiento.

4. Rebordeo de Tubos.- El material de los tubos es mecánicamente recalado y empujado como una masa sólida hacia el espejo de los tubos. No debe existir ninguna cavidad debajo del asiento para que actúe como aislador y cause recalentamiento de los tubos. Un buen trabajo de rebordeo se asegura a través de acampanar el final del tubo, después de haber sido expandido, aproximadamente 70 fuera de la vertical

5. Prueba Hidrostática.- La unidad debe estar sujeta una prueba hidrostática después de un retoque o cambios de tubos.

Mantenimiento del Quemador

El quemador requiere un mantenimiento más que todo de limpieza. Es decir, que todas las tuberías, de Gas, filtro, válvulas solenoides, válvulas de regulación, deben conservarse internamente limpias; es decir que deben estar libres de polvos, virutas o líquidos.



Figura 44. Quemador de la caldera pirotubular, ILLAMPU TEXTIL S.R.L.

Proceder a una revisión periódica de cada 6 meses de la siguiente manera:

Previamente cerrar la llave de bloqueo de gas y desconectar la energía eléctrica.

- a) Una limpieza o recambio del elemento filtrante del filtro de Gas o Diesel.
- b) Limpieza de las válvulas solenoides, para ello no es necesario realizar desconexiones eléctricas.
- c) Limpieza de los presostatos, tanto de gas como de aire, no utilizar aire con alta presión para la limpieza.

- d) Ajuste de las puntas de los electrodos a una distancia que se produzca una chispa (3 a 4 cm). Para esta operación de ajuste, se debe aflojar los pernos del cuerpo del quemador al cañón. No es necesario desmontar el cañón. Al desajustar los pernos del cuerpo, este sale con todo el sistema de electrodos y tobera de la primera etapa. Aflojar, las uniones patentes de la primera y segunda. Una vez que está afuera, se pueden regular la distancia de las puntas de los electrodos. Montar de la misma manera que fue desmontado.
- e) Verificar que los cables de alta tensión no estén quemados o chamuscados. En caso de que presente daño, proceder al cambio de los mismos utilizando cable para 10000(v).
- f) Verificar el balanceo, del ventilador por efectos de polvo, que lleva el aire de combustión, es probable que se produzca un desbalanceo del mismo. Limpiar de polvo el ventilador, puede ser realizado, desempernando la tapa de entrada de aire, donde va montado el servo y la aleta de regulación. No es necesario desmontarlo del eje del motor, salvo que este tuviera un daño en sus aletas. Luego de la limpieza proceder al montaje de la tapa, cuidando que este puesta la empaquetadura correspondiente.



Figura 45. Realizando el mantenimiento del Quemador, ILLAMPU TEXTIL S.R.L.

- g) Aceitar los bujes de la aleta de regulación periódicamente.
- h) Motor eléctrico:
Verificar que los rodamientos del motor, estén con grasa caso contrario engrasarlos.
Limpiar el polvo de los campos y rotor.

i) Caja de conexiones y sistema eléctrico:

Aspirar el polvo acumulado, verificar que no exista ningún cable suelto de las borneras.

Ajustar todos los tornillos de las borneras.



Figura 46. Circuito de control del Quemador de la caldera, ILLAMPU TEXTIL S.R.L.

j) Fococélula:

Verificar que la misma esté siempre libre de suciedad. Para sacar el socket tener cuidado de no romper el vidrio de la ampolla.

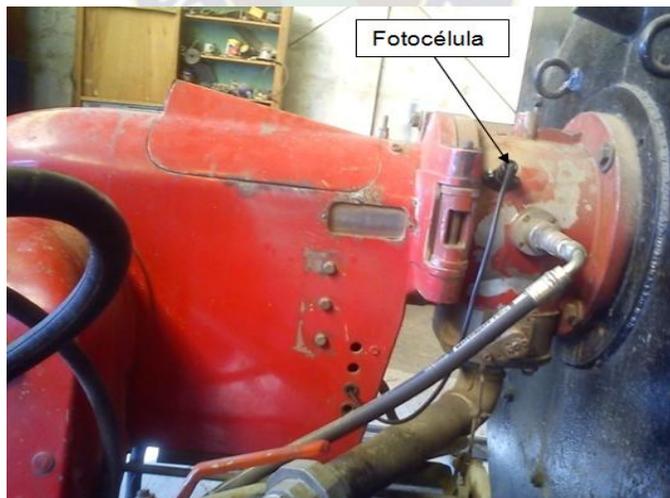


Figura 47. Fococélula del Quemador de la caldera, ILLAMPU TEXTIL S.R.L.

k) Tablero eléctrico:

Aspirar el polvo del mismo con una aspiradora. No soplar aire. Verificar que no se tengan puntas de cables sueltos que puedan ocasionar cortocircuitos.

Reajustar pernos en las borneras, contactores, relés térmicos. Ver los valores regulados en los relés térmicos correspondan a los de los motores eléctricos de los quemadores.

Ver los focos de señalización no estén quemados. En caso de ser así proceder al recambio.

Verificar el estado de las llaves de conmutación de energía eléctrica.



Figura 48. Tablero eléctrico y el Quemador de la caldera después del mantenimiento, ILLAMPU TEXTIL S.R.L.

3.5 Material y equipo para realizar el mantenimiento.

Los materiales y los equipos que se usan para realizar el mantenimiento son los siguientes:

MATERIAL Y EQUIPO.

Material:

- Cepillo de alambre de mano.
- Cepillo de alambre circular para tubos.
- Espátula.
- Cemento 3M para el refractario.

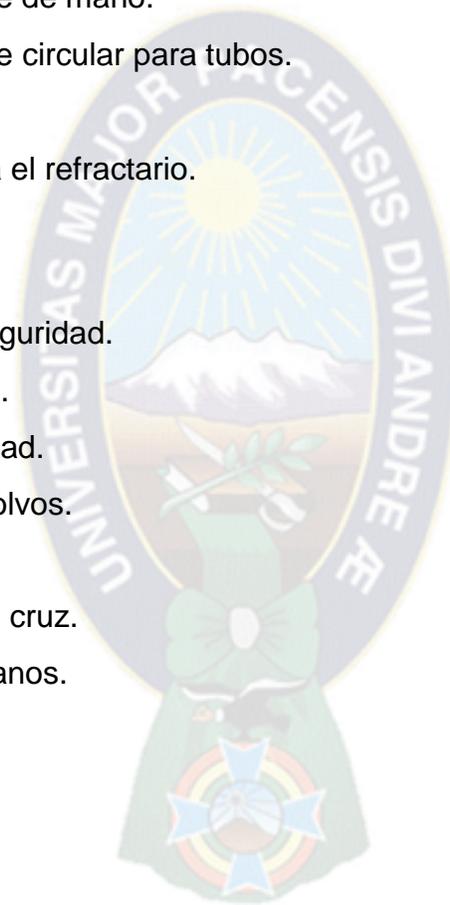
Equipo:

a) De protección o de seguridad.

- Guantes de cuero.
- Lentes de seguridad.
- Mascarilla para polvos.

b) Herramientas.

- Desarmadores de cruz.
- Desarmadores planos.
- Llaves allen.
- Juego de dados.
- Llave stillson.
- Martillo de bola.
- Multímetro de mantenimiento profesional.
- Pinza Amperítrica.



3.6 Desarrollo del calendario de mantenimiento.

El mantenimiento en calderas debe ser una actividad rutinaria, muy bien controlada en el tiempo. Es por ello que se recomiendan las siguientes actividades a corto, media y largo plazo.

Tareas de Publisher

MIQUEL ANGEL SONCO CHOQUE

CALDERA PIROTUBULAR TABLA CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO

Diariamente



Nº	PUNTO	SERVICIO	FECHA	HORA
1	QUEMADOR	Limpiar las boquillas y también del electrodo de encendido.		
2	CALDERA	Limpiar en el área de la caldera y sus controles.		
3	AGUA DE LA CALDERA	Purgar la caldera por lo menos cada 8 horas de trabajo, tanto de la purga de fondo como de sus columnas de control de nivel.		
4	MANÓMETRO	Comprobar que la presión indicada por los manómetros sean las fijadas en su manual de operación.		
5	CHIMENEA	Comprobar que la temperatura de los gases de la chimenea es la adecuada.		

Tareas de Publisher

MIQUEL ANGEL SONCO CHOQUE

CALDERA PIROTUBULAR TABLA CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO

Semanalmente



Nº	PUNTO	SERVICIO	FECHA	HORA
6	TAPAS DE LA CALDERA	Verificar que no haya fuga de gases, ni de aire en las juntas de ambas tapas de la caldera, y en la mirilla trasera.		
7	FILTROS DE LA BOMBA Y DEL TANQUE DE CONDENSADO	Lavar los filtros; de entrada de la bomba y el de entrada del agua al tanque de condensados.		
8	PILOTO DE GAS	Limpiar el electrodo.		
9	PRENSAESTOPAS DE LA BOMBA DE AGUA	Inspeccionar los prensaestopas de la bomba de agua de alimentación.		

Tareas de Publisher

MIGUEL ANGEL SONCO CHOQUE

CALDERA PIROTUBULAR TABLA CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO

Quincenalmente



Nº	PUNTO	SERVICIO	FECHA	HORA
10	FILTROS	Limpiar todos los filtros.		
11	FLAMA	Comprobar que la operación es correcta y que no exista falla de flama.		
12	QUEMADOR	Realizar una inspección para analizar cuáles son las condiciones del quemador, presión, temperatura, etc.; y si encuentra que es necesario, deberá de realizar la limpieza y un ajuste al mismo.		
13	FOTOCELDA	Limpiar, así como también el conductor en donde se encuentre colocada.		

Tareas de Publisher

MIGUEL ANGEL SONCO CHOQUE

CALDERA PIROTUBULAR TABLA CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO

Mensualmente



Nº	PUNTO	SERVICIO	FECHA	HORA
14	SISTEMAS DE AGUA	Ver si hay componentes que no funcionan como ser: filtros, tanques, válvulas, bomba, etc. realizar el mantenimiento.		
15	COLUMNA DE AGUA	Comprobar que los niveles de agua son los indicados.		
16	BAJO NIVEL DE AGUA	Comprobar el bajo nivel, bajando el interruptor de la bomba de agua de alimentación el agua al evaporarse irá disminuyendo el nivel, y si al llegar a 32 mm no se para por bajo nivel, hay que parar inmediatamente la caldera e inspeccionar el bulbo de mercurio de tres hilos (del lado de la caldera).		
17	FLOTADOR	Ver si está funcionando correctamente estando la columna exenta de lodos o acumulaciones.		
18	CONTROLES ELÉCTRICOS	Limpiar el polvo y revisar los contactos.		
19	MOTORES	Comprobar el voltaje.		
20	PROGRAMADOR	Verificar bloqueos de protección en el programador.		

Tareas de Publisher

MIGUEL ANGEL SONCO CHOQUE

CALDERA PIROTUBULAR TABLA CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO

Trimestralmente



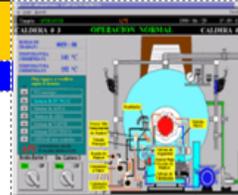
Nº	PUNTO	SERVICIO	FECHA	HORA
21	CAMARA DE COMBUSTIÓN Y REFRACTARIO	Ver el estado de la cámara de combustión y de los refractarios.		
22	TUBOS DE LA CALDERA	Examinar los tubos en el lado de fuego para verificar su estado.		
23	VÁLVULAS	Revisar para asegurar que accionan libremente y que no tengan fugas.		
24	MOTOR-BOMBA DE AGUA	Ver el acople y el alineamiento motor - bomba agua.		
25	VENTILADOR	Limpiar la malla de entrada de aire.		
26	SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL	Limpiar.		
27	CHIMENEA	Observar la temperatura en la chimenea cuando tenga 80°C por arriba de la temperatura del agua en el interior, y de ahí en adelante; indica que la caldera está hollinada y hay que proceder a realizarse la limpieza interna.		

Tareas de Publisher

MIGUEL ANGEL SONCO CHOQUE

CALDERA PIROTUBULAR TABLA CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO

Trimestralmente

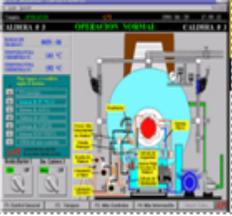


Nº	PUNTO	SERVICIO	FECHA	HORA
28	TORTUGAS O REGISTROS	Destapar las de en medio, y de la parte de abajo, para ver el estado de limpieza interior por el lado del agua.		
29	REFRACTARIO	Dar una lechada con cemento refractario cada vez que se desholline, para una mejor conservación del refractario tanto a la tapa trasera, como el refractario del horno.		
30	VÁLVULAS DE SEGURIDAD	Tirar ligeramente de las palancas para que escapen y así evite que se peguen en su asiento.		

Tareas de Publisher

MIQUEL ANGEL SONCO CHOQUE

CALDERA PIROTUBULAR TABLA CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO



Semestralmente

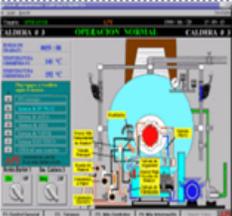
Se incluye el programa mensual adicionando.

Nº	PUNTO	SERVICIO	FECHA	HORA
31	PRESA ESTOPA DE LA BOMBA DE AGUA	Revisar los empaques, en caso de encontrarlos dañados o secos, deberá de sustituirlos por otros nuevos.		
32	CONTACTOS DEL FIREYE	Limpiar los contactos y demás arrancadores con un trozo de género limpio, humedecido con tetra cloruro de carbono.		
33	CALDERA	Lavar el interior con agua a presión.		
34	TUBOS Y ESPEJOS	Inspeccionar, al mismo tiempo buscar incrustaciones y limpiar los tubos del lado de fuego,		
35	CALIDAD DEL AGUA	Inspeccionar al interior de la caldera, así como el análisis periódico del agua, consultar a un experto en tratamiento de agua.		
36	TAPAS DE INSPECCIÓN DE LA CALDERA	Verificar la hermeticidad al llenar la caldera.		

Tareas de Publisher

MIQUEL ANGEL SONCO CHOQUE

CALDERA PIROTUBULAR TABLA CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO



Semestralmente

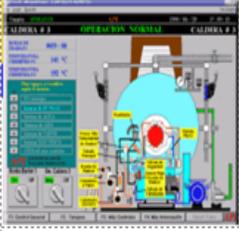
Se incluye el programa mensual adicionando.

Nº	PUNTO	SERVICIO	FECHA	HORA
37	VALVULAS DE SEGURIDAD	Verificar el funcionamiento.		
38	MANÓMETROS Y PRESSURETROLES	Comprobar y lavar los pressuretroles, toda la línea de los mismos, y la línea del manómetro.		

Tareas de Publisher

MIQUEL ANGEL SONCO CHOQUE

CALDERA PIROTUBULAR TABLA CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO



Anualmente

Se incluye el programa semestral adicionando.

Nº	PUNTO	SERVICIO	FECHA	HORA
39	VÁLVULAS DE LA CALDERA	Ver el estado en que se encuentran todas las válvulas de la caldera, si lo considera necesario, asiéntelas y si no pueden ser asentadas, reemplácelas por otras nuevas.		
40	BOMBA DE AGUA	Engrasar los baleros de la bomba de agua, y reemplace los baleros defectuosos.		
41	MOTOR-BOMBA DE AGUA	Limpiar, ver el estado de las bobinas y realizar pruebas de aislamiento.		
42	CALIDAD DEL AGUA	Realizar un análisis del agua y las condiciones superficiales internas de la caldera, y si es necesario limpiar químicamente la caldera.		



3.7 Desarrollo del mantenimiento correctivo.

Reparación

Durante el funcionamiento de las calderas, las piezas, mecanismos, y controles están sometidos a una serie de factores que provocan averías.

Estas averías surgen debido a la acción de la temperatura a la que opera el equipo, mal tratamiento de agua, fluctuaciones de carga, sobre presiones, corrosión, etc.

Para prevenir las averías en las calderas, es necesario conocer cuáles son las causas que las provocan, para tomar las medidas pertinentes de mantenimiento y reparación.

Localización de las averías.- El técnico reparador debe proceder de acuerdo a un proceso lógico. Se informa cabalmente del estado de la máquina y la examina metódicamente hasta localizar la avería. Hecho el diagnóstico, hace la contraprueba necesaria para confirmarla, y solo entonces comienza el proceso de desmontaje y reparación.

Metodología a seguir en el diagnóstico de una avería.- Un buen programa para llegar a un diagnóstico y confirmarlo, puede consistir en los siete puntos siguientes:

1. Conocer el sistema.
2. Preguntar al operador.
3. Probar la máquina.
4. Revisar la máquina.
5. Enumerar las averías.
6. Sacar una conclusión.
7. Comprobar que la conclusión vale.

Conocer el sistema.- Hay que aprovechar los ratos libres para estudiar los manuales técnicos de la caldera y sus elementos que la integran incluido los equipos auxiliares que componen el sistema de vapor. Conociendo el sistema usted está preparado para resolver cualquier problema.

Preguntas al operador.- Al igual que un buen periodista, el técnico reparador se informa detalladamente preguntando a un testigo, el operador de la caldera. El es quién puede decir cómo trabaja la caldera, cuando empezó a fallar, y cuál es la

anomalía de funcionamiento que el detectó. En este momento es conveniente averiguar si el operador de la caldera realizó alguna reparación.

Probar la máquina.- Opere la máquina y pruébela, realice en ella todos los ciclos de abajo, no se fíe por completo de lo que le ha informado el operador; compruébelo usted mismo. Revise si marcan bien los instrumentos de medida, se percibe algún olor extraño, se oyen ruidos extraños, ver donde se generan las anomalías y en que ciclo de trabajo se presentan.

Revisar la máquina.- Examinar de cerca con instrumentos, ojos, oídos y nariz en busca de señales de avería.

Enumerar las averías.- En este momento está preparado para relacionar y diagnosticar las causas posibles de las averías encontradas. Recuerde que es frecuente que una avería cause, a su vez, otra más.

Sacar una conclusión.- Consulte la relación de averías y de las causas posibles hechas por usted, empiece a probar iniciando por las más fáciles. Aquí utilice para la localización de averías las tablas presentadas en este capítulo y el manual de la caldera.

Comprobar que la conclusión vale.- Se llega así al último punto: antes de empezar a reparar el sistema, realizar las pruebas necesarias para ver si es correcta y válida la conclusión que usted ha sacado.

Desarme del Equipo.

Sin lugar a dudas, para el mantenimiento y reparación de las calderas, es necesario un desarme parcial o total de la misma.

Reglas para el desarme.- El desarme depende de un orden de operaciones y reglas generales que se deben observar al realizar esta operación.

Una medida de organización que debe ser considerada y primeramente tomada, es la de preparar el área cercana de la máquina, de manera que las personas que participen en la reparación puedan trabajar sin tropiezos y puedan colocar las piezas desmontadas ordenadamente.

- Se debe disponer de las herramientas, equipos, materiales, que van a ser utilizados en la reparación.

- Desmontar los diferentes elementos con las herramientas apropiadas sin ejercer presiones o golpes excesivos, que puedan romper o dañar elementos a ser desmontados.
- Utilizar adecuadamente elementos químicos que ayuden al desmontaje y limpieza de superficies contaminadas.



Figura 49. Miguel Sonco Pasante aplicando la Metodología de diagnóstico de una avería.

Análisis de fallas: síntoma-posible causa-posible

Solución en las calderas pirotubulares.

Origen y solución de averías.

En caso de fallas se debe comprobar primeramente si se cumplen las condiciones básicas para un funcionamiento correcto:

1. ¿Hay corriente eléctrica?
2. ¿Existe en la red de alimentación la presión correcta del gas, y está abierta la llave de paso?
3. ¿El interruptor de falta de agua, etc., están correctamente ajustados?
4. ¿Ha variado el caudal de aire de combustión o el consumo de gas?

Si se observa que el origen de la avería no está en ninguno de los puntos anteriores, deberán comprobarse las funciones relativas al quemador. Por ejemplo, se encuentra el quemador fuera de funcionamiento, bloqueado en posición de avería. Para buscar el origen de la avería se procederá a desenclavar y conectar el quemador, pero antes hay que comprobar a conciencia los ciclos siguientes. Así, el posible origen de la avería podrá detectarse y eliminarse rápidamente.

Falla: En el arranque.

El motor del quemador no arranca.

Causas posibles.	Solución.
No hay tensión.	Cerrar el circuito de corriente.
Fusible defectuoso.	Recambiarlo.
Motor defectuoso	Recambiar.
Circuito de corriente de regulación interrumpida.	Buscar interrupción, conectar el regulador o el presostato y conectar o desbloquear.
Interrumpida la alimentación de gas llave de paso cerrada.	Abrir la válvula de paso: en caso de falta prolongada, avisar a la empresa suministradora del gas.
Aparato de mando defectuoso.	Recambiar.

Falla: Falta aire.

El motor del quemador arranca o después de la preventilización a potencia total se produce la desconexión por avería.

El motor del quemador arranca y se desconecta después de aprox. 20 seg (solo en ejecución con control de estanqueidad).

Causas posibles.	Solución.
Presostato de aire defectuoso.	Recambiar.
Tubo del presostato sucio.	Limpiarlo.
La electroválvula no estanca, se produce la indicación en el transmisor del programa de control de estanqueidad cuando el programador esta nuevamente en posición de arranque.	Eliminar la falta de estanqueidad.
Soplante sucia.	Limpiarla.
Giro invertido del motor del quemador.	Cambiar sentido de giro.

Falla: En el encendido.

El motor del quemador arranca, hay tensión en borne 16 del aparato de mando, no hay encendido, enseguida se produce la desconexión por avería.

Causas posibles.	Solución.
La distancia entre los electrodos es excesiva.	Efectuar ajuste de distancia del electrodo.
Los electrodos o los conductos de encendido tienen contacto a masa, cuerpo de aislamiento.	Eliminar contacto a masa, recambiar los electrodos o los cables dañados.
Transformador de encendido defectuoso.	Recambiar.

Falla: No se produce la formación de la llama.

El motor arranca y se produce el encendido, enseguida se produce la desconexión por avería. El motor del quemador arranca, el encendido es correcto, enseguida se produce la desconexión (no por avería).

Causas posibles.	Solución.
La electroválvula no se abre, ya que su bobina esta defectuosa o el cable está interrumpido.	Recambiar la electroválvula o eliminar la interrupción del cable; controlar la tensión en el borne.
Caída de presión del gas al abrir la electroválvula al pasar el gas por el filtro.	Limpiarlo o recambiarlo.

Falla: Tras la formación de la llama se produce la desconexión.

Se forma la llama de encendido; al nivel máximo de la potencia nominal se produce la desconexión.

Causas posibles.	Solución
Filtros sucios.	Limpiarlos.
El regulador de presión trabaja demasiado despacio.	Controlar el inyector de toma de aire.
El controlador de gas es defectuoso o se produce acumulación de agua en las tuberías inferiores.	Avisar a la empresa suministradora del gas.

Falla: Del control de llama en la ionización.

El motor del quemador arranca, se oye el encendido, formación normal de la llama, luego desconexión por avería.

Causas posibles.	Solución.
Fotocelda ultravioleta sucia.	Limpiarla (eliminar huellas de aceite y grasa)
Iluminación demasiado débil.	Comprobar ajuste de la combustión.
Fotocelda ultravioleta defectuosa.	Recambiarla.

Falla: Mala combustión.

Caldera trabajando al realizar los análisis de gases están salidos de los parámetros.

Causa posible.	Solución.
Exceso de humo negro.	Reducir proporción de combustible.
Exceso de humo blanco.	Reducir proporción de aire.

Falla: Fugas en registros.

Caldera tiene fuga de agua en registros.

Causa posible	Solución.
Están flojas las tuercas.	Apretarlas (sin presión en la caldera).
Empaques defectuosos	Cambiar empaque limpieza.
Asientos sucios con sarro.	Profunda y cambio de empaque.

Falla: Fugas en la válvula de purga.

Al realizar la purga en la caldera hay fuga.

Causa posible.	Solución.
Los asientos en las válvulas están sucios.	Limpieza del asiento.
Los asientos en las válvulas están desgastados.	Asentarlos o cambiar válvula.

Falla: Fuga en la tapa de enfrente.

Al estar trabajando la caldera existe goteo de agua.

Causa posible	Solución.
Fusible de seguridad fundido	Reponerlo por uno nuevo.
Lagrimen los tubos flux.	Cambiarlos.

Falla: Fuga en el control de nivel.

La caldera trabaja pero existe fuga de agua en control del nivel.

Causas posibles	Solución.
Fuelle roto.	Cambiarlo por uno nuevo.
Empaques en mal estado.	Cambiarlos.
Cuerpo poroso.	Cambiar el control.

Falla: La bomba de agua no funciona.

Al estar trabajando la caldera empieza a bajar el nivel de agua no está funcionando la bomba de alimentación.

Causa posible	Solución
Reboto el interruptor termo magnético.	Restablecerlo o cambiar el relevador bimetálico.
Switch manual abierto.	Cerrarlo.
Bobina el arrancador	Cambiarla por una nueva.
Capsulas de mercurio rota	Cambiarlas.
Impulsores rotos	Cambiarlos.
Cuña de la flecha.	Cambiarla.
Cople flexible en mal estado	Cambiarlos.
Válvula de retención. Defectuosa.	Cambiarla.
Tubería de acceso a la caldera está tapada.	Limpiar obstrucciones.
Control de nivel está tapado.	Limpiar obstrucciones.

Falla: La caldera se llena Completamente de agua.

Al estar trabajando la caldera el control de alimentación de agua, no trabaja correctamente ocasionando que se inunde totalmente.

Causa posible	Solución.
Flotador de control de nivel perforado.	Reponerlo.
Corto en la capsula de mercurio.	Cambiar la capsula.
Incrustamiento que obstruye al flotador.	Limpieza interior.
Platinos muy flameados no se desconectan, se quedan pegados.	Cambiar los platinos.

Falla: En el control de presión.

Cuando está trabajando la caldera no operan los controles de presión, ocasionando que se abran las válvulas de seguridad, ya que la caldera no paro por alta presión.

Causa posible	Solución.
Capsula de mercurio carbonizada.	Cambiar la capsula.
Fuelle de control de presión dañada.	Reponerlo.
Control de presión desnivelado.	Ajustar a lo deseado.
Corto circuito en el alambrado.	Reparar anomalía.
Tubería de acceso al control obstruido.	Efectuar limpieza de tubería.

Normas de Seguridad

El propósito de esta sección está dirigido a la seguridad y a la inculcación de cuidados basados en conocimientos, para suplementar los instintos naturales de observaciones propias, las cuales cuando se deterioran por la ignorancia, fatiga o negligencia puede llevarlo a un sentido falso de seguridad.

Sistemas de Seguridad.

Todas las calderas de vapor, sus componentes y accesorios deben ser adecuadamente mantenidos y operados. No deben ser usados a menos que hayan sido examinados en la forma adecuada y en el tiempo adecuado.

Los Códigos de calderas ASME y la Asociación Nacional de Inspectores de Calderas son una fuente importante de documentos de requisitos legales sobre leyes de seguridad de calderas.

Adicionalmente de mantener activos los comités para tener los códigos publicados al día con la 1 tecnología en desarrollo, ASME certifica a los fabricantes calificados ensambladores, proveedores de material, etc. Códigos de fábrica que son impresos, para indicar que el fabricante ha recibido autorización de ASME para construir la caldera o tanques de presión según sus especificaciones.

Reglas de Seguridad

A continuación enunciamos las reglas de seguridad de la caldera basadas en accidentes ocurridos.

Advertencia: Las reglas de seguridad mencionadas en la tabla deben seguirse para una operación segura de la caldera.

REGLAS DE SEGURIDAD

NUNCA	SIEMPRE
NUNCA deje de anticipar emergencias. No espere hasta que algo suceda para empezar a pensar.	SIEMPRE estudie cada emergencia concebible y sepa exactamente lo que hay que hacer.
NUNCA empiece el trabajo en una planta sin conocer la ruta de cada tubería y sin conocer la ubicación y propósito de cada válvula. Conozca su oficio.	SIEMPRE proceda con las válvulas o dispositivos rápidamente pero sin confusión en tiempo de emergencia. Usted puede pensar mejor andando que corriendo.
NUNCA permita que los sedimentos se acumulen en las conexiones de los niveles de vidrio o de las columnas de agua. Un falso nivel puede engañarle.	SIEMPRE purgue cada conexión de nivel y/o de columna de agua al menos una vez al día. Formar buenos hábitos puede significar una vida más larga para usted.
NUNCA deje una válvula de purga abierta y sin atención cuando la caldera está bajo presión o está encendida.	SIEMPRE controle el nivel de agua en el visor de nivel de agua mientras realiza la purga.
NUNCA de órdenes verbales para operaciones importantes o informe de tales operaciones verbalmente sin registro escrito. Tenga algo en que apoyarse cuando usted lo necesite.	SIEMPRE acompañe las órdenes de operaciones importantes con un memorando escrito. Use un libro de registros escritos para registrar cada hecho importante o suceso inusual.
NUNCA encienda una caldera sin haber comprobado el nivel de agua. Muchas calderas han sido destruidas y muchos empleados han perdido su trabajo por esas causas.	SIEMPRE revise al menos un nivel de agua antes de encender. El nivel debería estar comprobado por los grifos del nivel. Usted no sufrirá por ser demasiado cuidadoso.
NUNCA encienda una caldera sin comprobar todas las válvulas.	SIEMPRE asegúrese de que las válvulas de purga están cerradas y los venteos, válvulas de las columnas de agua y grifos de los manómetros estén abiertas.

<p>NUNCA abra una válvula bajo presión rápidamente. El repentino cambio de presión o golpe de ariete resultante puede causar la rotura de la tubería.</p>	<p>SIEMPRE utilice el by pass si lo hay. Despegue la válvula de su asiento y espere a que la presión se iguale. Después, abra lentamente.</p>
<p>NUNCA corte o saque de línea a una caldera a no ser que la presión esté dentro del rango de presión del colector. Someter a una caldera a las tensiones de la presión repentinamente es peligroso.</p>	<p>SIEMPRE vigile el manómetro de cerca y esté preparado para cortar las calderas abriendo la apertura de la válvula de corte sólo cuando las presiones estén igualadas.</p>
<p>NUNCA suba la presión de una caldera sin probar la válvula de seguridad. Una caldera con la válvula de seguridad atascada, es tan seguro como jugar con dinamita.</p>	<p>SIEMPRE despegue la válvula de su asiento manualmente con su palanca y mientras la caldera está a $\frac{3}{4}$ de la presión de apertura automática.</p>
<p>NUNCA dé por seguro que las válvulas de seguridad están en buenas condiciones. En la planta de calderas no hay lugar para con suposiciones.</p>	<p>SIEMPRE suba periódicamente y despegue la válvula de su asiento con la palanca de elevación mientras la caldera esté a presión. Pruebe a subir la presión de despegue al menos una vez al año.</p>
<p>NUNCA aumente la presión de disparo de una válvula de seguridad sin autorización. Han ocurrido serios accidentes por fallos en la observación de esta regla.</p>	<p>SIEMPRE consulte a un inspector de calderas autorizado y acepte sus recomendaciones antes de aumentar el ajuste de presión de la válvula de seguridad.</p>
<p>NUNCA cambie el ajuste de una válvula de seguridad más del 10%. El funcionamiento correcto depende de un muelle adecuado.</p>	<p>SIEMPRE tenga las válvulas conectadas, con un resorte nuevo y recalibrado por el fabricante para cambios de no más del 10%.</p>
<p>NUNCA apriete una tuerca, tornillo o rosca de tubo bajo presión de vapor o</p>	<p>SIEMPRE juegue sobre seguro con esta regla. Lo que está a punto de romperse</p>

aire comprimido. Muchos han muerto haciéndolo.	no tiene una señal o signo de alarma.
NUNCA golpee un objeto sometido a presión de vapor o aire comprimido. Este es otro camino hacia el cementerio.	SIEMPRE juegue sobre seguro con esta regla .usted no puede decir qué gota es la que colma el vaso.
NUNCA permita a personas no autorizadas tocar lo que no deben en el equipo de una planta de vapor. Si no se dañan ellos mismo, puede dañarle a usted.	SIEMPRE mantenga fuera de la planta a los extraños y coloque la operación de la planta en manos de personas adecuadas.
NUNCA deje una válvula de purga abierta y desatendida cuando la caldera está a presión o con el quemador en marcha. juegue sobre seguro, la memoria puede fallar.	SIEMPRE compruebe el nivel de agua antes de purga y tenga una segunda persona vigilando el nivel de agua mientras usted purga la caldera. Cierre la válvula de purga y después vuelva a abrir.
NUNCA permita reparaciones importantes en la caldera sin autorización. Si usted quebranta una ley, se estará jugando su cuello.	SIEMPRE consulte a un inspector autorizado en calderas antes de proceder a efectuar reparaciones de caldera.
NUNCA trate de encender un segundo quemador mediante la llama de primero funcionando. Puede estar provocando un serio retroceso de llama o explosión.	SIEMPRE siga la secuencia de arranque del fabricante sobre las calderas multiquemador, incluyendo la prueba e ignición de llama comprobando mediante los controles de los quemadores instalados y usted evitará la explosión del hogar.
NUNCA intente encender un quemador sin ventilar el hogar y el resto de los conductos de la caldera.	SIEMPRE permita al ventilador limpiar el hogar de gases y polvo según el período de purgar prescrito.

Fuente: DONLEE. Installation, operation and Maintenance Manual.

El estudio económico permite conocer la relación existente entre el producto desarrollado y los medios empleados en la realización del mismo. Es por ello, que dentro de nuestro análisis económico nosotros colocamos ciertos puntos los cuales nos ayudan a la evaluación y financiamiento de nuestro proyecto.

Sabemos que gran parte del financiamiento de un proyecto radica en su investigación y análisis, lo cual nos lleva directamente al tiempo que se le dedico al mismo y a los recursos que de una u otra forma pudieron necesitarse para la búsqueda y recopilación de información, es decir conseguir fuentes como libros o textos los cuales manejaran información sobre la temática.

Si bien, es conveniente la suma de los recursos utilizados, también es conveniente hacer mención de la mano de obra como medio para el desarrollo de nuestro proyecto, es decir una vez encontradas las fuentes de información el segundo paso es disponer los conocimientos a cerca del tema para poder llevar las referencias a formar parte de nuestro proyecto y de esta manera poder determinar una idea que satisfaga las necesidades del mismo.

En este capítulo veremos el costo económico del proyecto teniendo en cuenta varios aspectos como el desarrollo del Mantenimiento así como también las herramientas que utilizamos para la elaboración de este mismo, sabiendo que el costo es el sacrificio, o esfuerzo económico que se debe realizar para lograr un objetivo. A continuación nombramos los principales tipos de costos a ser utilizados para este proyecto.

Características de la Caldera pirotubular: El equipo referido en este estudio, es una caldera de una Capacidad Calorífica: 701.350 Kcal/h, con capacidad para generar 1000 Kg/h de Vapor y una Presión de trabajo de 10Bar.

4.1 Costos de mano de obra.

1) Deformación, desgaste, corrosión de las tuberías, o hasta el rompimiento de las mismas debido a reacciones electroquímicas, incrustación de sales o impurezas, y por conocimiento de las conexiones que tiene una caldera se estima un costo mínimo de reparación de Bs 20700.

2) Revisión de bombas y ventiladores, considerando que se utilizan dos personas para la revisión, y que ocupan por lo menos 4 horas de una jornada, y que cada persona cuesta Bs 129.4 hora/hombre que multiplicada por cuatro horas son Bs 517.6 y multiplicada por dos, sería Bs 1035.2, más posibles cambios de refacciones con un costo de Bs 5175, arroja un total de Bs 6210.2

3) Falla o desajustes en los dispositivos de medición, provocada por permanentes cambios, tales como; manómetros, presostatos, con costos de calibración de Bs 3450 c/u, y considerando que por lo menos tienen uno de cada uno, hace un costo total de Bs 6900.

4) Reparación de válvulas de control de otro tipo (globo, retención, compuerta), y considerando que tienen por lo menos una de cada tipo con un costo de reparación de Bs 3600 c/u, da un total de Bs 10800.

5) Revisión y limpieza de filtros de agua y aire, considerando que se utilizan dos personas para la revisión, y que ocupan por lo menos 4 hora de una jornada, y que cada persona cuesta Bs 129.4 hora/hombre que multiplicada por cuatro son Bs 517.6 y multiplicada por dos, sería Bs 1035.2, más posibles cambios de refacciones con un costo de Bs 3450, sería un total de Bs 4485.2

6) Limpieza de conductos de humo de la caldera, considerando que se utilizan dos personas para la revisión, y que ocupan por lo menos 8 horas de una jornada, y a cada persona le corresponde Bs 129.4 hora/hombre que multiplicada por las 8 horas, son Bs 1035.2 y tomando en cuenta que son dos personas, sería Bs 2070.4

7) Revisión del estado de aislamiento térmico, considerando que se utilizan dos personas para la revisión, y que ocupan por lo menos 4 horas de una jornada, y que cada persona cuesta Bs 129.4 hora/hombre que multiplicada por cuatro son Bs 517.6

y multiplicada por dos, sería Bs 1035.2, más posibles cambios de refacciones con un costo de Bs 3450, sería un total de Bs 4485.2

8) Revisión del sistema de control automático, considerando que se utilizan dos personas para la revisión, y que ocupan por lo menos 4 horas de una jornada, y que cada persona cuesta Bs 129.4 hora/hombre que multiplicada por cuatro son Bs 517.6 y multiplicada por dos, sería Bs 1035.2, más posibles cambios de refacciones con un costo de Bs 6900, sería un total de Bs 7935.2

Costos por Mano de Obra.

Concepto	Período	Costo Anual
Tuberías	Anual	Bs 20700
Bombas y ventiladores	Anual	Bs 6210.2
Aparatos de medición	Anual	Bs 6900
Válvulas de control	Anual	Bs 10800
Filtros de agua y aire	Anual	Bs 4485.2
Conductos de humo	Anual	Bs 2070.4
Aislamiento térmico	Anual	Bs 4485.2
Sistemas de control	Anual	Bs 7935.2
COSTO TOTAL		Bs 63586.2

4.2 Costo de materiales para el Mantenimiento.

Costo de Materiales de la Caldera.

Código: CAL		QUEMADOR, MEDICIÓN, CONTROL Y TRATAMIENTO DE AGUA.			
COD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
CAL01	Fotocélula tipo UV1 1404-18210060	U	Bs 1000	1	Bs 1000
CAL02	Transformador de ignición BRAHMA T11	U	Bs 250	1	Bs 250
CAL03	Manómetro de presión de vapor de 10bar, Ø=100 mm	U	Bs 360	2	Bs 720
CAL04	Presostatos Marca Danfoss tipo RT 116	U	Bs 500	2	Bs 1000
CAL05	Válvula de purga de 2" inoxidable Marca Genebre	U	Bs 220	1	Bs 220
CAL06	Válvula de seguridad Marca Tecval de 1"	U	Bs 450	1	Bs 450
CAL07	Un juego de Visor de nivel más el tubo	U	Bs 630	1	Bs 630
CAL08	Válvula de relevo de presión Spirax Sarco B501T	U	Bs 5450	1	Bs 5450
CAL09	Tuberías para la caldera, Ø=2", L=6m	U	Bs 600	92	Bs 55200

CAL10	Válvula de retención tipo Disco 2"	U	Bs 3225	1	Bs 3225
CAL11	Aislamiento térmico 1 rollo, L=24m	U	Bs 1200	1	Bs 1200
CAL12	El test para la determinación de la dureza del agua	U	Bs 1200	1	Bs 1200
CAL13	Aditivos para el agua Boiler A-20, 1kg	kg	Bs 45	1	Bs 45
CAL14	Aditivo para el agua anti-incrustante Boiler A-10, 1kg	kg	Bs 45	1	Bs 45
CAL15	Granos de Resina, 1lt	lt	Bs 40	200	Bs 8000
CAL16	Bloques de Sal 1bolsa de 30 kg	kg	Bs 15	1	Bs 15
CAL17	Ladrillo Refractario	U	Bs 16	50	Bs 800
CAL18	Cemento 3M, 30kg	kg	Bs 300	2	Bs 600
				COSTO TOTAL	Bs 80050

Otros Costos.

Código: S,H,E		Seguridad, Herramientas manuales y Eléctricas			
COD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
S01	Gafas de seguridad	U	Bs 25	1	Bs 25
S02	Mascarilla para polvo	U	Bs 80	1	Bs 80
S03	Guantes de cuero	U	Bs 38	1	Bs 38
S04	Guantes de hule	U	Bs 15	1	Bs 15
H01	Cepillo de alambre circular para tubos	U	Bs 200	1	Bs 200

H02	Desarmador estrella marca Stanley	U	Bs 18	1	Bs 18
H03	Desarmador plano marca Stanley	U	Bs 18	1	Bs 18
H04	El juego de Llaves Allen marca Stanley, 10 Pzas	U	Bs 110	1	Bs 110
H05	Llaves Stillson # 14 marca Stanley	U	Bs 307	1	Bs 307
H06	Martillo de bola marca Stanley	U	Bs 95	1	Bs 95
H07	El juego de Dados 14Pzas marca Stanley	U	Bs 1188	1	Bs 1188
E01	Multimetro de mantenimiento profesional	U	Bs 240	1	Bs 240
E02	Pinza Amperimetrica	U	Bs 745	1	Bs 745
			COSTO TOTAL		Bs 3079

Total Costos de mantenimiento

DESCRIPCIÓN	COSTO
Costos por Mano de Obra	Bs 63586.2
Costos de Materiales de la Caldera	Bs 80050
Otros Costos	Bs 3079
TOTAL COSTOS	Bs 146715.2

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones.

Consecuencia de este trabajo se han podido establecer las siguientes conclusiones:

1. Los sistemas de generación de vapor son de alta consideración ya que siempre necesita un monitoreo constante y operarios capacitados. Sobre la importancia de los controles que integran el sistema para la correcta operación del mismo.
2. Es importante tener un conocimiento claro y detallado del estado de las calderas para diseñar un plan de mantenimiento que sea acorde con las necesidades que sufre este equipo, de esta forma, los tiempos medios entre reparaciones disminuirán y el tiempo entre fallas aumentará.
3. Las fallas que se observan comúnmente en las calderas son debidas a la falta de atención de los procedimientos de encendido, de apagado, de limpieza, a la concentración de suciedad y a exceder la capacidad de trabajo para la que fue diseñada la caldera.
4. Es primordial en el mantenimiento de los calderos de vapor, el control de calidad de las aguas que recirculan en ellos.
5. Las calderas al tener un plan de mantenimiento oportuno, es decir un mantenimiento preventivo y de tomar acciones correctivas no sería considerada un área de riesgo.
6. El mantenimiento preventivo es un factor importante en la vida económica de una máquina ya que un programa bien definido de mantenimiento preventivo, producirá una extensión de la vida útil de los componentes de unidad y además producirá una baja en los costos de reparaciones y tiempo de paro no planeado, que son los más significativos entre los costos de operación.
7. La correcta aplicación de las rutinas de mantenimiento evitará problemas comunes, paradas y reparaciones innecesarias del equipo.
8. El personal de operación y mantenimiento de calderas debe tener el conocimiento de la importancia de ejecutar un buen plan de mantenimiento

preventivo, y las ventajas que este conlleva al ejecutarlo, así como los logros que se pueden obtener al implementarlo; toda esta información debe dárseles en forma gradual, de manera que el empleado vaya adaptándose a su nueva rutina de trabajo.

9. Con este capítulo se han aprendido temas que no son estudiados en la facultad, lo cual ha enriquecido en parte los conocimientos adquiridos durante el período de estudio.
10. El manual de procedimientos es un apoyo para realizar el mantenimiento preventivo de una manera sencilla, pero para ello el operario debe conocer las partes principales, así como también, los accesorios de las calderas pirotubulares.



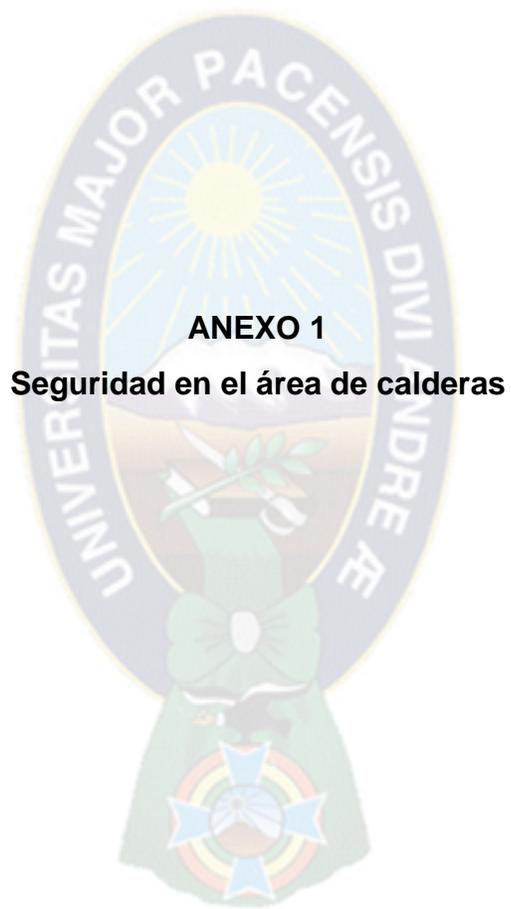
Recomendaciones.

1. Se debe contar con la asesoría del personal técnico calificado, especialmente para el manejo y el mantenimiento del equipo, ya que al tratarse de una unidad generadora de energía se manejan altas presiones y temperaturas que podrían ocasionar graves accidentes en casos de descuido o negligencia.
2. Se debe realizar un mantenimiento periódico que garantice la vida útil de este equipo. Esto comprende la revisión y comprobación de sus partes, análisis de conexiones eléctricas, limpieza y lubricación de la bomba de agua, entre otros.
3. Para máquinas como las calderas se recomienda seguir un mantenimiento de tipo preventivo bastante preciso debido a que el peligro más latente es el riesgo de explosión que por lo general termina en incendios causando lesiones personales e incluso pérdidas humanas.
4. Antes de operar un equipo es necesario conocer las recomendaciones dadas por el fabricante pues esta es una de las principales causas por las cuales entregan un menor rendimiento comparado con el esperado y se disminuye su vida útil de diseño.
5. Realizar las pruebas de seguridad después de realizar una reparación o una inspección es indispensable para tener la seguridad de que la caldera no va a fallar ni va a provocar accidentes en la empresa.
6. En cualquier industria es recomendable tener un plan de mantenimiento y procedimientos de seguridad para la sección de calderas así:
 - Los controles de flujo de agua, combustibles y válvulas de seguridad deben estar en perfectas condiciones, por lo que deberán ser revisados constantemente con un intervalo de tiempo determinado.
 - Las fugas de combustible o agua pueden con llevar al daño permanente de la caldera, razón por la cual estos eventos deben ser informados inmediatamente al Jefe de Mantenimiento para su respectivo arreglo.
 - El control permanente y minucioso de la presión y temperatura del agua en la caldera, así como también del combustible con que trabaje, permitirá tener una visión amplia de su buen funcionamiento y prevenir cualquier incidente que pueda ocurrir en esta área.

- El tubo de descarga del caldero debe estar libre de cualquier obstrucción, para que al momento de realizar la purga éste no provoque daños ni quemaduras a persona alguna.
 - El trabajador está obligado a apagar inmediatamente la caldera en el caso de que los niveles normales de presión y temperatura hayan llegado a niveles superiores.
 - Cuando se realicen trabajos en el caldero, se deben utilizar guantes de asbesto, y es obligatorio el uso de orejeras contra ruido.
7. Realizar las rutinas del plan de mantenimiento preventivo, siguiendo todos los pasos que se indican, sin dejar pasar por alto ninguno por minucioso que se considere; si surge alguna duda, consultarla con el encargado de mantenimiento.
 8. Capacitar constantemente al personal de mantenimiento y operación de calderas para que ellos sean parte de la solución cuando se presenten fallas en los equipos.
 9. Mantener limpia y libre de obstáculos el área de calderas, por si fuese necesario evacuar de emergencia al personal.
 10. Los equipos de extinción de incendios deben estar en lugares de fácil acceso y periódicamente revisar su estado físico, para su disponibilidad en caso de emergencia.
 11. Es de vital importancia capacitar al personal en prevención de accidentes: a utilizar un extintor, primeros auxilios, simulacros para saber actuar en caso de emergencia.
 12. Deberían seguir realizándose más Proyectos de Titulación en el área de Calderas, siempre innovándose las temáticas con el fin de seguir generando tecnología avanzada en el país. Estos temas podrían enfocarse a otro tipo de calderos: acuotubulares, pirotubulares, etc. De igual manera para otros equipos como motores, turbinas, bombas, etc.



ANEXOS



ANEXO 1

Seguridad en el área de calderas

La seguridad se encarga de evitar que los trabajadores de una empresa sufran accidentes de trabajo.

El orden y limpieza es parte de la prevención de los riesgos: son de gran importancia, ya que la falta de los mismos en los centros laborales son las causas de un gran número de accidentes. Con orden, limpieza y la prevención de riesgos de trabajo se obtiene un ambiente más agradable para el desarrollo de las actividades laborales.

1. Normas de seguridad en el área de calderas

El personal de operación y mantenimiento de calderas sabe que estas son potencialmente peligrosas; los operadores de calderas deben inspeccionar las calderas con frecuencia en búsqueda de fugas, combustión correcta, funcionamiento de los dispositivos de seguridad e indicadores, así como otras funciones tales como mantener el área libre de obstáculos para garantizar una pronta reacción en caso de un accidente y utilizar un adecuado equipo de protección personal al estar en el área de calderas; para esto se debe seguir un normativo aplicable en el área al momento de operar la caldera y realizar mantenimiento a la misma.

Este normativo se describe a continuación:

- Antes de manejar conexiones eléctricas, reparaciones y ajustes, desconectar el interruptor eléctrico y colocar la etiqueta de aviso.
- Los alambres o conductores que se encuentren sueltos deben considerarse con corriente o vivos.
- Los cables de alimentación eléctrica deben estar protegidos con un aislante y si es necesario entubados.
- Los tableros eléctricos deben permanecer cerrados y libres de exposición con agua u otro agente que puedan dañarlos.
- Evitar el contacto con aristas, ángulos vivos y superficies calientes.
- Asegurarse que termómetros, manómetros y válvulas estén en buenas condiciones y en funcionamiento.
- Al realizar un mantenimiento, se debe circular el área para evitar el ingreso de personas ajenas, y colocar los respectivos avisos.
- Antes de iniciar un mantenimiento en la tubería de vapor, primero asegurarse de cerrar las válvulas respectivas y despresurizar la tubería.

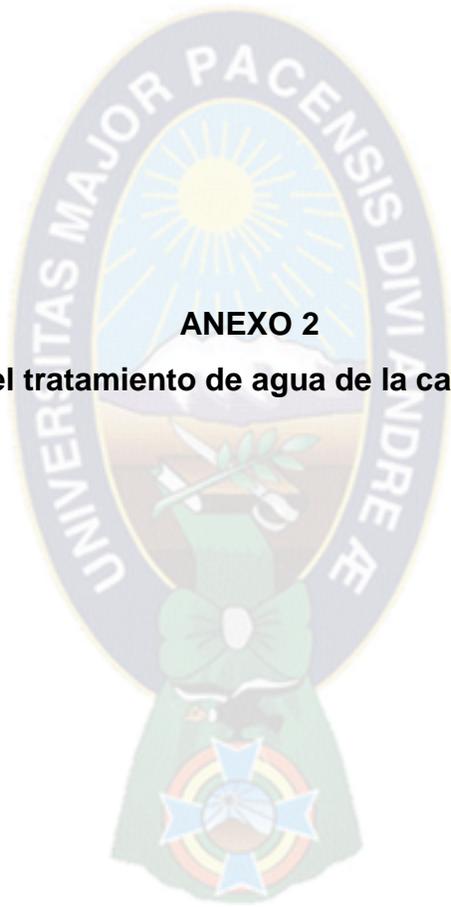
- Evitar fugas en los diferentes accesorios del equipo y formaciones de películas de agua y/o combustibles en el piso.
- Mantener manos, brazos, y demás partes del cuerpo así como las prendas de vestir, lejos de piezas calientes o en movimiento.
- Evitar todos los contactos del cuerpo con aceites y combustibles.
- Las piezas en movimiento deberán permanecer con su respectiva rejilla protectora.
- No operar una de las calderas cuando presente fugas de vapor, combustibles, agua o gases de combustión, así como la mala operación de algún dispositivo de seguridad.
- Al momento de realizar un mantenimiento en el interior de la caldera, una persona debe quedarse afuera para emergencias.
- Revisar siempre el nivel del agua como mínimo una vez al día y antes de encender una caldera.
- Nunca encender una caldera sin haber revisado todas las válvulas y que las válvulas de seguridad estén cerradas.
- No abrir una válvula bajo presión rápidamente, para evitar daños de golpe de ariete en las tuberías.
- No subir la presión de una caldera sin haber revisado las válvulas de seguridad.
- Nunca reemplazar las válvulas de seguridad con una de mayor capacidad.
- No ajustar una tuerca o rosca que esté bajo presión de vapor o de aire.
- No permitir que, personas no autorizadas utilicen el equipo de la planta de vapor, si no sufren daños así mismos, se lo pueden causar a otras personas.
- El equipo deberá mantenerse en óptimas condiciones de operación y de presentación.
- El área de calderas deberá estar dotada de un sistema de extinción de fuego que contenga extinguidores tipo BC, así como uno de señalización, indicando que es prohibido fumar en el área y que existen productos inflamables.

2. Orden y limpieza

- Después de realizar un mantenimiento preventivo el área de calderas debe quedar libre de material sobrante y herramienta utilizada.
- No dejar que se acumulen sedimentos en el nivel o conexiones de la columna de agua.
- El operador es encargado de realizar el respectivo mantenimiento de limpieza en el área de calderas.

3. Equipo de protección personal

- Utilizar guantes de piel, para protección contra riesgo mecánico, eléctrico y térmico.
- Utilizar cascos de seguridad, para proteger la cabeza contra impactos, fuego y productos químicos.
- Utilizar protección auditiva, en presencia de altos niveles de ruido.
- Utilizar protección de vías respiratorias; mascarilla cuando realice un mantenimiento en una de las calderas.
- Al momento de realizar un mantenimiento preventivo también debe utilizar anteojos de seguridad o careta protectora.



ANEXO 2

Fotografías del tratamiento de agua de la caldera pirotubular.





Bibliografía.

- 1. EQUIPOS INDUSTRIALES.**1990.Guía práctica para reparación y mantenimiento. Tomo 1. México, Mc GRAW-HILL/INTERAMERICANA DE MÉXICO, S.A. 26p.
- 2. COMPAÑÍA SURAMERICANA DE SEGUROS S.A.** 2002. Curso de Calderas. Instituto de Energía y Termodinámica– UPB. 11p
- 3. COMISION NACIONAL PARA EL AHORRO DE ENERGIA (Conae).** 2002. Guía de Vapor para la Industria. 2p
- 4. ANA MILENA GÓMEZ C.**1998. Calderas a Carbón. Editorial Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín Colombia.15p.
- 5. CLEAVER-BROOKS MODELO CB CALDERAS UNITARIAS.**1992. Manual de operación, servicio y repuestos. E.U.A.Número de parte del manual: (750-112). 4p.
- 6. CLEAVER-BROOKS MODELO CBL CALDERA EMPACADA.**2003. Manual de operación, servicio y partes. E.U.A. Número de parte del manual: (750-158). 2p.
- 7. Javier Lahoz Pequerul ROBERT BOSCH ESPAÑA, S.L.U.** Bosch Termotecnia (TT/SSP1). 2012. Guía Básica de Calderas Industriales Eficientes. Madrid. Gráficas Arias Montano, S.A.131p.
- 8. MG. ROBERT GUEVARA CHINCHAYAN.**2013. Curso plantas consumidoras de energía Separata II Unidad Generadores de Vapor Piro-tubulares.Nuevo Chimbote-Peru.45p.
- 9. PROGRAMA NACIONAL DE MANTENIMIENTO Y EQUIPAMIENTO.**2001. Guía de Mantenimiento y Redes de distribución de Vapor.19p.
- 10. Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado.**2002. Guía Técnica de Operación y Mantenimiento de Generadores de Vapor.30p.
- 11. E.PULL.**1977.Calderas de Vapor. Selección, funcionamiento y conservación de las calderas de vapor y de su equipo auxiliar.3º ed. Barcelona, Gustavo Gili S.A. 94p.
- 12. COMISIÓN NACIONAL PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA.** 2009. Tratamiento de agua para su utilización en calderas. Cuauhtémoc. México. 26p.
- 13. BLANCO MAYO, ASTRAMATIC.**1994. La Descalsificación del Agua por Resinas Intercambiadoras de Iones. México. 9p.

Web grafía.

Lo invitamos a consultar los siguientes sitios en Internet para ampliar la información:

1. <http://www.conae.gob.mx> Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (Conae).
2. <http://www.achs.cl> PEDRO ABARCA BAHAMONDES y WALTER DUMMER OSWALD. Descripción de Calderas y Generadores de Vapor. pdf. 5p
3. <http://www.spiraxsarco.com> Principio básicos de la Ingeniería del Vapor.
4. [http://www.Catálogo babcock-wanson.com](http://www.Catálogo%20babcock-wanson.com). Caldera Acuotubular.
5. <http://www.jcardona@calderasjct.com.co> y proyectos@calderasjct.com.co JULIO JOSE CARDONA. Calderas JCT S.A. pdf. 16p
6. <http://www.vaporservicebolivia.com>
7. <http://www.conuee.gob.mx> Tratamiento de agua para su utilización en calderas.
8. <http://www.corimex.com>
9. <http://www.econext.com.mx> Calidad de agua para generadores de Vapor.
10. <http://www.calderasyrecipientes.com> / norbertospinelli@calderasyrecipientes.com
11. <http://www.sintraseguridad.com/senaliz.htm>