



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN**

**PROCESOS DE AUTOMATIZACIÓN**

**TEMA:**

---

**“ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UN CALDERO EN LA EMPRESA LACTEOS DE MARCO’S”**

---

**Proyecto de pasantía de Grado presentada como requisito, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización.**

**AUTOR:**

FREDY EDISON ORTEGA MOPOSITA

**TUTOR:**

ING. EDISSON JORDAN

**AMBATO – ECUADOR**

**ABRIL/2007**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En calidad de tutor del trabajo de pasantía con el tema:

**“ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UN CALDERO EN LA EMPRESA LACTEOS DE MARCO’S”**, de **Fredy Edison Ortega Moposita**, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Universidad Técnica de Ambato, considero que dicho proyecto de pasantía de grado reúne los requisitos y méritos suficientes de conformidad con el artículo 68 del capítulo IV de Pasantía del reglamento de graduación de Pregrado de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Abril 2007

---

Ing. Edison Jordán  
TUTOR DE PASANTÍA

## **AUTORÍA**

El presente trabajo de investigación de Pasantía con el tema: “ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UN CALDERO EN LA EMPRESA LACTEOS DE MARCO’S”, es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, declaro que el contenido y para efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor legal y académica.

Ambato, Abril 2007

---

Fredy Edison Ortega Moposita  
C.C. 180360189-5

## DEDICATORIA

*A mis padres, que con infinito amor supieron guiarme en el camino del estudio, y a mis hermanos que con su paciencia me motivaron a seguir adelante, para alcanzar una profesión y ser un hombre de bien y útil a la sociedad.*

*A ellos dedico este trabajo fruto de su sacrificio y esfuerzos constantes.*



## **AGRADECIMIENTO**

*Mi eterna gratitud para quienes me apoyaron en todo momento. Agradezco a Dios por darme la fuerza necesaria, a la Facultad de Sistemas del cual llevo las mejores enseñanzas, a LACTEOS DE MARCO`S por aceptarme en su Empresa, al Ing. Mauricio Carrillo como también al Ing. Edison Jordán por brindarme sus conocimientos.*

# ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	i
AUTORÍA.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE.....	v
RESUMEN EJECUTIVO.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	xiii

## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	1
1.3 OBJETIVOS.....	2
1.4.1 General.....	2
1.4.2 Específicos.....	2

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	3
2.2 FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	3
2.3 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES.....	3
2.4 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICO – TÉCNICO.....	5
2.4.1 Introducción.....	5
2.4.2 ¿Que es un caldero?.....	6
2.4.3 Definición de un caldero.....	7
Cámara de agua.....	7
Cámara de vapor.....	8

2.4.4	Proceso de vaporización.....	8
2.4.5	Clasificación de los calderos.....	9
2.5	TIPOS DE CALDEROS.....	10
2.5.1	Caldera Pirotubular.....	10
2.5.1.1	Características importantes de los tubos de fuego.....	11
2.5.1.2	Horno horizontal.....	12
2.5.1.3	Horno interno o tipo escocés.....	14
2.5.2	Caldera Acuatubular.....	15
2.5.2.1	Características importantes de los tubos de agua.....	15
2.5.2.2	Calderas de tubos inclinados.....	16
2.5.2.3	Calderas de tubos doblados y paredes de agua.....	17
	A. Caldera tipo A.....	19
	B. Caldera tipo O.....	20
	C. Caldera tipo D.....	21
2.5.3	Caldero Empacado (Marca Nacional).....	21
2.6	PRINCIPIOS DE LA COMBUSTIÓN.....	25
2.6.1	Tipos de combustión.....	26
2.6.2	El proceso de combustión.....	27
2.6.3	Productos de combustión.....	28
2.6.4	El combustible.....	28
2.6.4.1	Propiedades físico - químicas de los combustibles.....	29
2.7	CORROSIÓN.....	30
2.7.1	Tipos de corrosión.....	31
2.7.2	Corrosión por el lado del agua.....	32
2.7.3	Formación de incrustaciones.....	33
2.8	TRATAMIENTO DE AGUA.....	34
2.8.1	Tratamiento de agua cruda.....	35
2.8.2	Impurezas en el agua.....	38
2.8.3	Calidad del agua de calderos.....	40
2.9	SITUACIÓN ACTUAL DEL CALDERO.....	41
2.9.1	Fallas frecuentes.....	42
2.10	HIPÓTESIS.....	43

2.11 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS.....	43
---	----

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

3.1 ENFOQUE.....	44
3.2 MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	44
3.2.1 Investigación de Campo.....	44
3.2.2 Investigación Documental-Bibliográfica.....	45
3.3 TIPOS DE INVESTIGACIÓN.....	45
2.1 Investigación Exploratoria.....	45
2.2 Investigación Descriptiva.....	46
3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	46
3.4.1 Población.....	46
3.4.2 Muestra.....	46
3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	47
3.6 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	47
3.7 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.....	47

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS**

4.1 ANÁLISIS.....	48
4.2 INFORME DE REVISIÓN DEL CALDERO.....	48
4.3 EL MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	48
4.4 EL MANTENIMIENTO DEL EQUIPO TÉRMICO.....	49
4.5 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	50



6.3.1.6 Coordinación para la limpieza.....	83
6.4 LIMPIEZA Y REPARACIÓN.....	84
6.4.1 Tanque de combustible.....	84
6.4.2 Suministro de agua al caldero.....	86
6.5 PURGAS.....	90
6.5.1 Tipos de purga.....	94
6.5.2 Control de la purga.....	96
6.5.3 Purga de la tubería.....	98
6.5.3.1 Precaución al limpiar el control.....	99
6.5.4 Sistemas de control y seguridad.....	100
6.5.4.1 Control de la presión.....	100
6.5.4.2 Razones para la regulación de la presión.....	103
6.5.4.3 Control de la bomba de agua.....	103
6.5.4.4 Control del ventilador.....	105
6.6 VÁLVULA DE SEGURIDAD.....	106
6.6.1 Operación de la válvula de seguridad.....	106
16.7 FALLAS QUE SE PUEDEN DAR EN LOS CALDEROS.....	108
26.7.1 Pruebas de funcionamiento, capacidad y rendimiento en calderas...	111
6.8 NORMAS DE SEGURIDAD.....	112
6.8.1 Seguridad.....	112
6.8.2 Seguridad en el caldero.....	112
6.8.2.1 Reglas de seguridad que se deben seguir.....	114
6.8.3 Equipo de protección personal.....	116
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>123</b>
<b>ANEXOS</b>	

## Índice de Figuras

**Pág.**

2.6.1 Caldera Piro tubular.....	10
2.6.1.1 Características importantes de los tubos de fuego.....	11
2.6.1.2 Horno horizontal.....	12
2.6.1.2 Horno interno o tipo escocés.....	14
2.6.2 Caldera Acuo tubular.....	15
2.6.2.2 Calderas de tubos inclinados.....	17
2.6.2.3 Calderas de tubos doblados y paredes de agua.....	19
2.5.2.3 Calderas de tubos doblados y paredes de agua de tipo A.....	20
2.5.2.3 Calderas de tubos doblados y paredes de agua de tipo O.....	21
2.5.2.3 Calderas de tubos doblados y paredes de agua de tipo D.....	21
2.8.2 Corrosión por el lado del agua.....	32
2.8.3 Formación de incrustaciones.....	34
6.3.1.1 Control de nivel de agua .....	74
6.3.1.1 El tubo de cristal.....	76
6.4.2 Suministro de agua al caldero.....	90
6.5 Ciclo del agua en un sistema de generación de vapor.....	91
6.5.3 Purga de la tubería.....	98
6.5.3.1 Precaución al limpiar el control.....	99
6.5.4.1 Control de la presión.....	102
6.5.4.3 Control de la bomba de agua.....	105
6.5.4.4 Control del ventilador.....	106
6.6.1 Operación de la válvula de seguridad.....	108
6.7 Fallas en calderos.....	111
6.8.3 Equipo de protección personal gafas.....	118
6.8.3 Equipo de protección personal zapatos.....	119
6.8.3 Equipo de protección personal guantes.....	120
6.8.3 Equipo de protección personal mascarilla.....	120
6.8.3 Equipo de protección personal gorro.....	121
6.8.3 Equipo de protección personal vestimenta.....	122

## Índice de Ecuaciones

**Pág.**

SUMINISTRO DE AGUA	
6.4.2 Porcentaje de energía ahorro.....	88
PURGAS	
6.7 Porcentaje de purga.....	92

### **Índice de Tablas**

	<b>Pág.</b>
CALIDAD DEL AGUA DE CALDEROS	
2.9.3 Límites sugeridos por la ASME.....	41
PURGAS	
6.5 Contenido de sólidos en el agua del caldero.....	93



## **RESUMEN EJECUTIVO**

La elaboración de este manual de mantenimiento preventivo para la empresa LACTEOS DE MARCO'S, en el área de mantenimiento, específicamente para un caldero logrará optimizar las actividades de mantenimiento del equipo térmico mediante los procesos establecidos en este manual de mantenimiento preventivo.

El manual de mantenimiento reúne todos los requisitos, y debido a su contenido permitirá ser una fuente de información completa acerca del mantenimiento del equipo térmico, en este documento se detallan los procedimientos y los pasos que se deben seguir para un correcto y eficiente mantenimiento.

El manual de mantenimiento preventivo para un caldero, tiene como propósito ser una herramienta que facilite al operador encargado en el área de mantenimiento del equipo térmico, como también sea una fuente de información y consulta resolviendo inquietudes que se presenten al realizar una revisión del caldero.

Este manual se lo ha realizado de una manera generalizada, debido a que es un área extensa de estudio. El estudio realizado fue de campo, estando en contacto o en forma directa con la realidad del problema, en la cual se fue analizando, coordinando, planificando y ejecutando en compañía de los trabajadores de la empresa.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo esta orientado a la elaboración de un manual de mantenimiento preventivo para un caldero, la misma que facilitará las ejecuciones del mantenimiento del equipo térmico, y de los diferentes elementos con cuales consta dicho caldero. Este manual se lo ha realizado de manera clara de modo que permitirá ser útil y de fácil comprensión para cualquier persona interesada en el área de mantenimiento del caldero y específicamente a todos aquellos que se relaciones directamente con el equipo térmico.

Con dicho manual se pretende lograr que el área de mantenimiento tenga a disposición dicha información sobre el correcto mantenimiento preventivo del equipo térmico.

A continuación se describen los contenidos de cada capítulo:

**El Capítulo I,** Contiene Tema de investigación, Planteamiento del problema, Justificación y los Objetivos General y Específicos.

**El Capítulo II,** Contiene información de las variables independiente como de la dependiente del problema, como también se encuentra la hipótesis del problema y la variable del mismo.

**El Capítulo III,** Se detalla la metodología, en el cual se realiza un enfoque del problema y el tipo de investigación que se va ha realizar, como también se detalla la población, recolección y análisis de la información y en donde se explica los métodos empleados en la investigación.

**El Capítulo IV,** Se detalla el Análisis e Interpretación de Resultados.

**El Capítulo V,** Se establece las Conclusiones obtenidas del proyecto de investigación y las Recomendaciones para el mejoramiento.

**El Capítulo VI,** Se realiza la Propuesta para la realización del manual de mantenimiento preventivo con los procedimientos a seguir.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN**

“ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UN CALDERO EN LA EMPRESA LACTEOS DE MARCO’S”

### **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La Empresa LACTEOS DE MARCO’S actualmente realiza la producción de yogurt, leche pasteurizada y queso fresco para la cual requiere de un caldero que es de mucha importancia en la elaboración de estos productos, elevar la temperatura de la leche para su proceso, esterilizar las tinas, cubetas, agitadores, y demás recipientes utilizados. Para poder evitar paralización en la producción se tiene que cumplir con un mantenimiento preventivo del caldero que evitará daños.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

El desarrollo de este manual se justifica; puesto que resulta necesario, debido a la ausencia del mismo; así como de personal calificado. En las instalaciones se pasa por alto la necesidad de dar entrenamiento específico a los responsables de operar calderas por la cual en muchos casos los trabajadores sin ninguna capacitación ni

entrenamiento previo, se ven obligados a asumir la responsabilidad de su operación, que puede resultar en accidentes y explosiones. Siendo necesario una revisión previa y continua de la maquinaria a fin de evitar al mínimo los accidentes en la planta.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 General**

Elaboración de un Manual de Mantenimiento Preventivo para un Caldero en la empresa LACTEOS DE MARCO'S.

### **1.4.2 Específicos**

- Analizar los procesos más adecuados para un correcto mantenimiento del caldero.
- Identificar las causas y los componentes que impiden el correcto funcionamiento.
- Organizar el mantenimiento preventivo y correctivo.
- Plantear parámetros de seguridad para la correcta revisión del equipo térmico.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

El proyecto de investigación implica revisar, analizar y buscar antecedentes afines al problema para poder profundizar en los aspectos que se relacionan con el proyecto investigativo, vinculándose con la problemática actual y realista del sector con los conceptos existentes.

Al revisar los archivos existentes, en la Facultad de Ingeniería en Sistemas de la Universidad Técnica de Ambato, no se ha detectado la existencia de ningún otro proyecto similar al problema de la investigación.

#### **2.2 FUNDAMENTACIÓN LEGAL**

La empresa, ha cumplido con todos los requisitos correspondientes a la ley y reglamentos de la de Compañías, que ha venido laborando normalmente y legalmente, con todos sus deberes y obligaciones que exige en los momentos actuales.

#### **2.3 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES**

LACTEOS DE MARCO'S debido al gran mercado existente de la producción lechera ha visto la necesidad de instalar esta empresa conforme las exigencias del mercado para así evitar que la leche salga fuera del cantón favoreciendo a los

pequeños, medianos y grandes productores de la leche de las zonas centro, bajas y altas del sector contribuyendo con el desarrollo, engrandecimiento y progreso del cantón.

La empresa cuenta con las diferentes áreas las cuales son: recepción, administrativo, productivo y técnico, para llevar un buen desempeño eficiente en los aspectos productivos y de comercialización del producto terminado.

El área de recepción se encarga de la revisión, de la cantidad recibida, inspección de la calidad para la elaboración del producto.

Las funciones que realiza en el área administrativa, es de verificar las cantidades requeridas necesaria de galones, etiquetas, azúcar, sal, fundadas y además de la producción que se realiza cada día, mantener un stock de seguridad en la bodega, así como del producto terminado.

Las funciones que realiza en el área de producción son las de producir todas cantidades requeridas o faltantes en el mercado con la calidad y en el tiempo requerido para su comercialización, y así se esta manera poder mantener la buena imagen y el prestigio de la empresa.

En el área técnica encargada de mantener el correcto funcionamiento de la tuberías de agua, caldero, maquinas envasadoras, etiquetadora y de los recipiente de la leche, que de esta manera se evitara paralización dentro del área de la producción.

El correcto mantenimiento de estos equipos que requieren mayor prioridad se deben analizar los diversos factores que podrían paralizar la producción, en la cual es necesario tener un requerimiento correcto de mantenimiento en la cual se lograra evitar daños y perdida del equipo, esto se lograra eligiendo alternativas de

mantenimiento, coordinación y esfuerzos para un mejor desempeño de estos equipos.

Este procedimiento, permitirá verificar las fallas más comunes y de mayor frecuencia producidos en los actuales momentos mejorando el trabajo técnico de manera eficiente, que contribuirá a un mejor rendimiento, para el uso correcto de la maquinaria.

Un manual de mantenimiento preventivo para un caldero permitirá hacerlo de una manera más fácil y sencilla. Las funciones del manual de mantenimiento son:

- Guía de referencia para un correcto mantenimiento.
- Hacerlo fácil y sencillo.
- Acelerar el tiempo de operación.

## **2.4 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICO – TÉCNICO**

### **2.4.1 Introducción**

Las Calderas o Generadores de vapor son instalaciones industriales que, aplicando el calor de un combustible sólido, líquido o gaseoso, vaporizan el agua para aplicaciones en la industria.

Hasta principios del siglo XIX se usaron calderas para teñir ropas, producir vapor para limpieza, etc., hasta que Papin creó una pequeña caldera llamada "marmita". Se usó vapor para intentar mover la primera máquina homónima, la cual no funcionaba durante mucho tiempo ya que utilizaba vapor húmedo (de baja temperatura) y al calentarse ésta dejaba de producir trabajo útil.

Luego de otras experiencias, James Watt completó una máquina de vapor de funcionamiento continuo, que usó en su propia fábrica, ya que era un industrial inglés muy conocido.

La máquina elemental de vapor fue inventada por Dionisio Papin en 1769 y desarrollada posteriormente por James Watt en 1776.



Inicialmente fueron empleadas como máquinas para accionar bombas de agua, de cilindros verticales. Ella fue la impulsora de la revolución industrial, la cual comenzó en ese siglo y continúa en el nuestro.

Máquinas de vapor alternativas de variada construcción han sido usadas durante muchos años como agente motor, pero han ido perdiendo gradualmente terreno frente a las turbinas. Entre sus desventajas se encuentra la baja velocidad y (como consecuencia directa) el mayor peso por kW de potencia, necesidad de un mayor espacio para su instalación e inadaptabilidad para usar vapor a alta temperatura, utilizadas en locomotoras para trenes tanto de carga como de pasajeros.

Vemos una caldera multi-humotubular con haz de tubos amovibles, preparada para quemar carbón o lignito. El humo, es decir los gases de combustión caliente, pasan por el interior de los tubos cediendo su calor al agua que rodea a esos tubos.

Para medir la potencia de la caldera, y como dato anecdótico, Watt recurrió a medir la potencia promedio de muchos caballos, y obtuvo unos 33.000 libras-pie/minuto o sea 550 libras-pie/seg., valor que denominó HORSE POWER, potencia de un caballo.

Posteriormente, al transferirlo al sistema métrico de unidades, daba algo más de 76 kgm/seg. Pero, la Oficina Internacional de Pesos y Medidas de París, resolvió redondear ese valor a 75 más fácil de simplificar, llamándolo "Caballo Vapor" en homenaje a Watt.

#### **2.4.2 ¿Que es un caldero?**

Las calderas Industriales, son diseñadas para usar la energía química de combustible, para incrementar la energía contenida en el agua o un fluido, el cual a su vez puede ser usado en procesos de calentamiento y potencia.

### **2.4.3 Definición de un caldero**

Una caldera es un recipiente cerrado donde agua bajo presión es transformada en vapor por aplicación de calor. En la cámara de combustión, la energía química en el combustible es convertida en calor, y es función de la caldera transferir este calor al agua de la manera más eficiente.

Las calderas grandes se diseñan para diferentes presiones y temperaturas, con base en la aplicación dentro del ciclo del calor para la cual se diseña la unidad.

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

#### **Cámara de agua**

Recibe este nombre el espacio que ocupa el agua en el interior de la caldera. El nivel de agua se fija en su fabricación, de tal manera que sobrepase en unos 15 cms. por lo menos a los tubos o conductos de humo superiores. 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 son las más sencillas y de construcción antigua.

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

Como características importantes se puede 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, son muy rápidas en la producción de vapor, tienen muy buen rendimiento y producen 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.

#### **Cámara de vapor.**

Es el espacio ocupado por el vapor en el interior de la caldera, en ella debe separarse el vapor del agua que lleve una 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.

#### **2.4.4 Proceso de vaporización**

El vapor o el agua caliente se producen mediante la transferencia de calor del proceso de combustión que ocurre en el interior de la caldera, elevando, de esta manera, su presión y su temperatura.

Debido a estas altas presiones y temperaturas se desprende que el recipiente contenedor o recipiente de presión debe diseñarse de forma tal que se logren los límites de diseño deseado, con un factor de seguridad razonable.

Por lo general, en las calderas pequeñas empleadas para la calefacción doméstica, la presión máxima de operación es de 1.06 (kg/m<sup>2</sup>). En el caso del agua caliente, esta es igual a 232 °C.

#### **2.4.5 Clasificación de los Calderos**

Los calderos se clasifican de acuerdo a la naturaleza del servicio que presten.

Tradicionalmente las calderas se clasifican en:

- **Uso**
  - Móviles o (Portátiles)
  - Estacionarias
  
- **Presión**
  - De Mínima Presión
  - De Baja Presión
  - De Generación de Fuerza
  
- **De acuerdo a su tamaño**
  - Calderos ensamblados en su lugar de operación
  
- **De acuerdo a su eje**
  - Calderos ensamblados en su Fábrica (Tipo Paquete)

- **Contenido de los tubos**
  - Calderas de tubos de humo o pirotubulares
  - Calderas acuotubulares

## 2.5 TIPOS DE CALDEROS

Los tipos de calderos generalmente, se clasifican en Pirotubular o (de tubos de Humo) y Acuotubular o (de tubos de Agua).

### 2.5.1 Caldera Pirotubular

En estas calderas, los gases de combustión son obligados a pasar por el interior de unos tubos, que se encuentran sumergidos en la masa de agua. Todo el conjunto, agua y tubo de gases, se encuentra rodeado por una carcasa exterior. Los gases calientes, al circular por los tubos, ceden calor, el cual se transmite a través de los tubos, y posteriormente al agua.

La presión de trabajo normalmente no excede los 20 kg/cm<sup>2</sup>, ya que a presiones más altas obligarían a espesores de carcasa demasiados grandes. Su producción de vapor máxima se encuentra alrededor de 25 ton/hr.

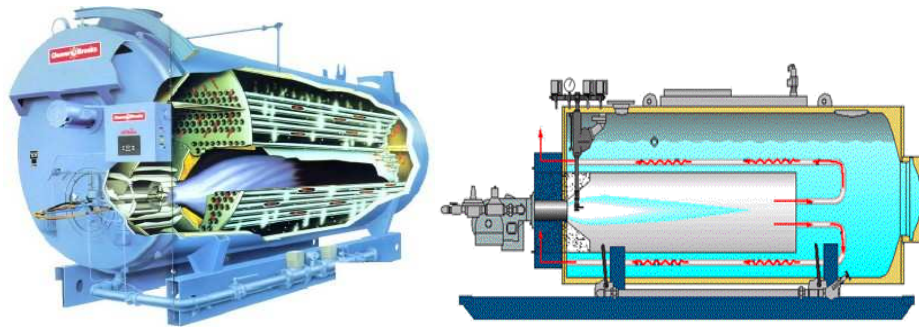


Fig. 1 Caldero Tipo Pirotubular

Fuente: Internet

### 2.5.1.1 Características importantes de los calderos de tubos de fuego

- Capacidad máxima: 850 BHP (1BHP = 8.436 Kcal/h)
- Presión máxima : 250 psi
- Intensidad de vaporización: 6,9lb vapor/h pie<sup>2</sup> (1BHP corresponde a 5 pies<sup>2</sup> de superficie de caldeo)
- Tubos generalmente de 2 a 2 1/2 pulgadas de diámetro exterior, con arreglo generalmente triangular y distancias de 1 a 1 1/2 pulgadas entre ellos.
- Número de pasos de los gases por los tubos antes de salir por la chimenea, siendo más eficientes en recuperación del calor los de mayor número de pasos.
- Eficiencia total: alrededor del 80%.

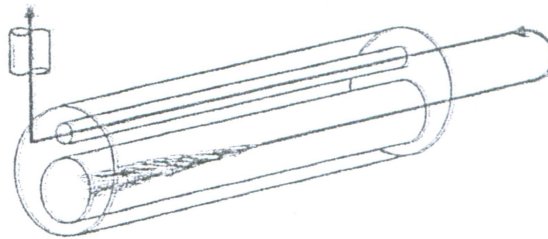


Fig. 2 Caldera de tubos de fuego con dos pasos por los tubos

Fuente: Sistemas de Calderos

El caldero horizontal de doble retorno en los fuegos, tiene la cámara de combustión en la parte posterior de la misma; no se requiere de reflectores en el lado de fuego.

En este tipo de caldeo el diseño está compuesto por un hogar formado por un tubo grande para obtener una buena superficie de transferencia de calor.

En los tubos se utiliza retardadores de flujo, en forma de serpentines renovables, dispuestos en espiral para aumentar la velocidad de los gases de la combustión y así poder crear turbulencia.

**Ventajas:**

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

**Inconvenientes:**

- Mayor tamaño y peso.
- Mayor tiempo para subir presión y entrar en funcionamiento.
- No son empleables para altas presiones.

Las calderas pirotubulares se desarrollaron principalmente en dos modelos: el horno horizontal y el horno interno o tipo escocés.

**2.5.1.2 Horno horizontal**

Son calderas con un bajo costo inicial y de construcción simple, muy usadas en sistemas de calentamiento de edificios y producción de vapor en pequeñas fábricas.

Constan de un casco de almacenamiento de agua en forma de cilindro, con gruesas paredes terminales (tapas extremas), entre las cuales se encuentra soportado un gran número de tubos de 3" o 4" de diámetro, aunque se pueden tener diámetros menores para dar mayor superficie de transferencia y mayor generación de vapor.

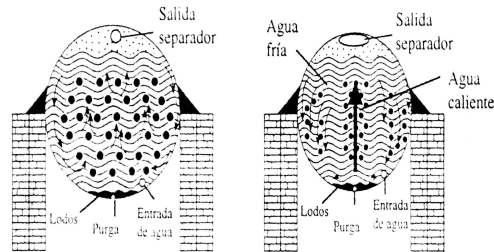


Fig. 3 Caldero de Horno Horizontal

Fuente: Operación de Calderas Industriales

La caldera de la Fig. 3 es un tambor de vapor cilíndrico en corte transversal, soportado sobre muros de ladrillo en un horno.

A la izquierda se muestran los primeros diseños y a la derecha, se muestra otro mejorado, respecto al concepto de circulación natural del agua dentro del tambor, para dar mayor eficiencia.

Las flechas indican las interacciones de las partículas de agua entre sí. La parrilla de combustión o quemador, estaba localizada directamente debajo de la parte frontal del casco o tambor.

Este tipo de caldera fue muy utilizado en los barcos. En la fig. 3 de la izquierda se ve la ineficiencia de la circulación y en cambio, a la derecha, se ve cómo el agua caliente sube por la parte central y baja lateralmente, logrando una aceptable eficiencia en la circulación.



### 2.5.1.3 Horno interno o tipo escocés

En este tipo de caldera denominada tipo escocés, la combustión tiene lugar en un horno cilíndrico que se encuentra dentro del casco o tambor de la caldera.

Los tubos de humos o fuegos están a lo largo del casco y envuelven al horno por los lados y su parte superior. Actualmente se construyen en forma de calderas paquete, son portátiles y fácilmente transportables.

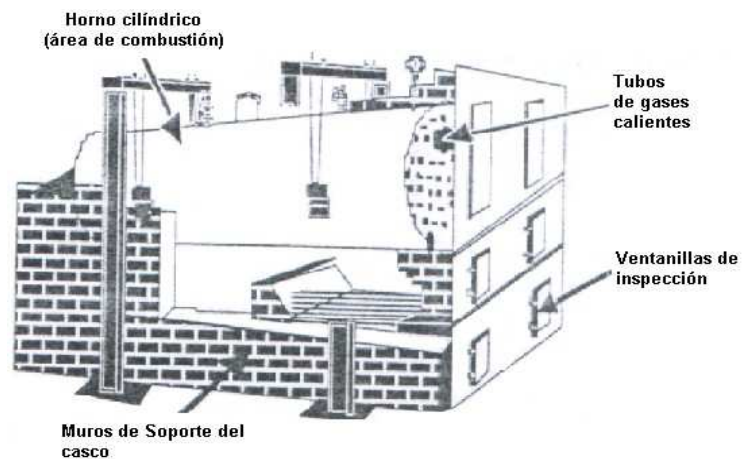


Fig. 4 Caldero de Horno Horizontal y de Horno Interno

Fuente: Operación de Calderas Industriales

En la caldera de la fig. 4, los gases calientes que salen del horno cambian de dirección en una cámara en el extremo y regresan, recorriendo completamente la unidad hasta una caja de humos localizada en el frente (parte superior), hacia la chimenea. (2 pasos).

### 2.5.2 Caldera Acuatubular

En estas calderas los gases de combustión circulan por la parte externa de los tubos, mientras que por su interior lo hace el agua. Estas calderas tienen un gran espectro de producción de vapor, la cual puede variar desde una pequeña producción, en calderas compactas, hasta las grandes producciones de 1000 ton/h y presiones hasta  $150 \text{ kg/cm}^2$ , cómo es el caso de las centrales termoeléctricas.

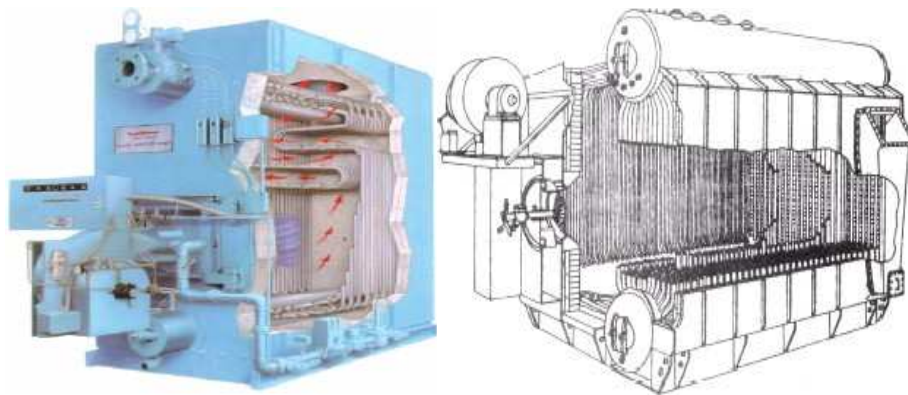


Fig  
5

Caldero Tipo Acuatubular

Fuente: Internet

### 2.5.2.1 Características importantes de los calderos de tubos de agua

- Capacidad máxima: 300.00 lb vapor/h)
- Presión máxima : 1.500 psi.
- Intensidad de vaporización: más de 20 lb vapor/h pie<sup>2</sup>
- Tubos generalmente de 2 a 4 pulgadas de diámetro.
- Eficiencia total: mayor que el 80% según el equipo complementario de ahorro energético que lleve acoplado.
- En este tipo de caldero puede acoplarse: economizadores para precalentar el agua de alimentación, sobrecalentadores de vapor, precalentadores de aire.

#### **Ventajas:**

- Pueden ser puestas en marcha rápidamente.
- La Caldera de tubos de agua tiene la ventaja de poder trabajar a altas presiones.
- 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.
- Trabajan a 30 más atm.

#### **Inconvenientes:**

- Mayor costo
- Debe ser alimentadas con agua de gran pureza.

Las calderas acuatubulares son de dos tipos según la disposición de tubos, de tubos inclinados y de tubos doblados y paredes de agua.

### 2.5.2.2 Calderas de tubos inclinados

Las calderas de tubos inclinados están construidas por bancos de tubos en zig zag, con una inclinación de 15° a 25° para favorecer la

circulación y propiciar el drenaje libre de los lodos, formados como consecuencia de los tratamientos químicos internos del agua en la caldera.

Su construcción propiciaba rápidos tiempos de arrancada y su alta confiabilidad respecto al manejo de los lodos que se generaban, la hacían importante en el proceso energético.

Su producción estaba limitada a 10.000 lb/h por cada pie de ancho de la caldera. La fig. 6 muestra un corte seccional de este tipo de caldera.

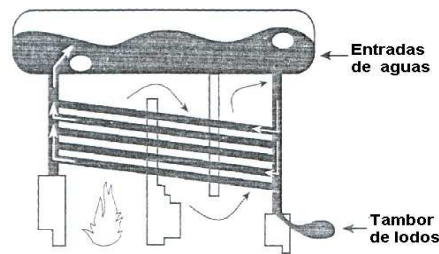


Fig. 6 Caldera de Tubos inclinados

Fuente: Operación de Calderas Industriales

Su principal desventaja consistía en su limitada capacidad para una separación adecuada del vapor y del agua en altas ratas de evaporación y una pobre distribución de la circulación dentro de la caldera.

La fig. 6 muestra la inclinación de los tubos para facilitar la circulación y drenaje de lodos.

### 2.5.2.3 Calderas de tubos doblados y paredes de agua

Este diseño de caldera ofrece mayor flexibilidad para lugares donde la altura libre sea limitada, ya que el doblez de la tubería permite una mayor longitud equivalente de calor, que compensa la reducción de la altura.

La caldera puede hacerse ancha y baja o puede ser alta y estrecha, en los sitios donde la limitante sea la amplitud. Los principales elementos de una caldera de este tipo son esencialmente los tambores conectados por tubos doblados.

Las primeras unidades fueron de 4 tambores y aunque éste era un diseño bastante aceptable, fue mejorado por el de 3 y más tarde por el de 2 tambores. La fig. 7 muestra 3 tambores y abajo 2.

Algunas ventajas de las calderas de tubos doblados, sobre las de tipo inclinado son:

- Respuesta rápida a fluctuaciones de carga.
- Gran economía en la construcción y operación.
- Mayor accesibilidad para limpieza y mantenimiento.
- Producción de un vapor de mejor calidad.

Cuando se necesitaron calderas de mayor capacidad, se hizo necesario aumentar el tamaño de los hornos, lo que incrementó la temperatura en ellos. Esto trajo como consecuencia un excesivo mantenimiento en el refractario del horno, especialmente cuando se quemaba carbón.

Las de más altas ratas, aumentaron de hecho el flujo de gases, incrementando a su vez la suciedad en las superficies de transferencia.

Dentro de los esfuerzos por producir calderas más eficientes y económicas, los diseñadores desarrollaron un horno virtualmente rodeado por una superficie de transferencia en forma de jaula de tubos o paredes de enfriamiento con agua.

Estas paredes, constituidas por bancos o paquetes de tubos, se denominaron paredes de agua o de tubos de agua y además de evitar las excesivas temperaturas por ensuciamiento, aumentaron la capacidad de generación.

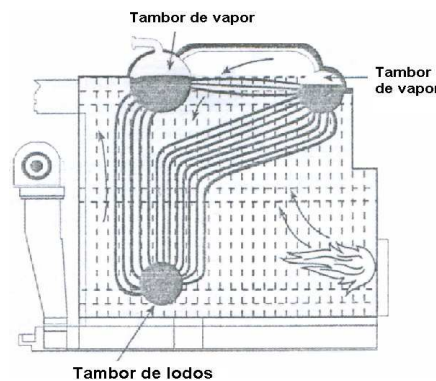


Fig.7 Calderas de tubos doblados y paredes de agua

Fuente: Operación de Calderas Industriales

A partir del desarrollo de este tipo de calderas, los diseños se estandarizaron en tres tipos básicos:

- Calderas tipo A,
- Calderas tipo O y
- Calderas tipo D.

### A. Caldera tipo A

Como su forma lo muestra, (Ver Fig. 8), constan de un tambor de vapor en la parte superior y dos tambores de lodos, arreglados de forma que se asemejan a una A, con el tambor de vapor en el vértice superior y los tambores de lodos en el fondo, a lado y lado.

Cada uno de los haces de tubos laterales conforman el horno de la caldera.

Este tipo desbalanceaba la llama hacia uno u otro lado dependiendo del estado de circulación natural de cada extremo.

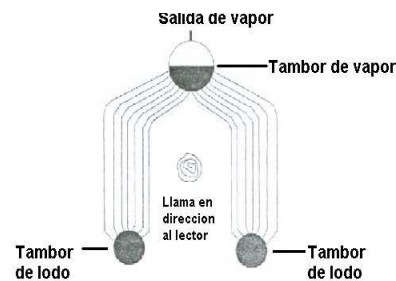


Fig. 8 Caldero Tipo A

Fuente: Operación de Calderas Industriales

### B. Caldera tipo O

Constan de un tambor de vapor localizado directamente encima del tambor de lodos, pero de manera que ambos se encuentran en el centro de la caldera y los tubos que los unen asemejan una O. (Ver fig.9, lado izquierdo).

En éstas el horno es un "tubo" en el cual, como lo muestra la figura, la llama recorre toda su extensión, propiciando condiciones de limpieza de las tuberías, puesto que los gases avanzan paralelos a las tuberías de convección.

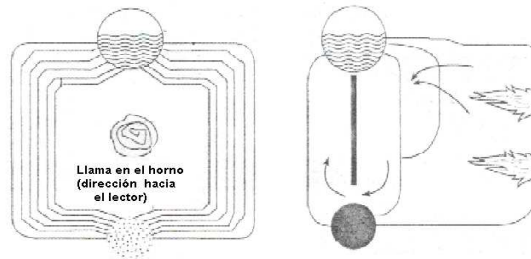


Fig. 9 Calderos tipo O y tipo D

Fuente: Operación de calderas industriales

### C. Caldera tipo D

El tambor de vapor de estas calderas (fig. 9, derecha) está directamente encima del tambor de lodos, pero hacia un lado del horno; una serie de tubo-s une los tambores verticalmente. Esta es la clásica conformación geométrica para hacer circulación natural.

El resto de tubos se extiende horizontalmente desde los tambores de vapor y lodos hasta las paredes del horno, donde se convierten en tubos de pared de agua.

Los calderos más utilizados en nuestros días, para el segmento industrial, son las de tipo D de dos tambores (como de la fig. 9 derecho).



### 2.5.3 Caldero Empacado (Marca Nacional)

Los calderos empacados o también conocidos como paquete, son aquellos que son ensamblados en la planta que los fabrica y que luego de su instalación esta listo para entrar en funcionamiento. Su capacidad puede llegar hasta 300 lb de vapor/h y son de uso generalizado, su funcionamiento es completamente automático.

Algunas de las ventajas de los calderos empacados son:

- o Los diseños, materiales de construcción, procedimientos de fabricación, etc., cumplen con códigos o estándares establecidos.
- o Cumple con la eficiencia especificada debido a que los diseños son estándares.
- o Son compactos y por lo tanto requieren menor espacio.
- o Los costos de instalación son reducidos, pues para ponerlos en operación el trabajo se reduce al a realizar anclajes, conexiones a las líneas de corriente eléctrica, agua, combustible y tuberías de vapor y a instalar los accesorios en los sitios previstos.

Las características principales que deben tener este tipo de caldero son:

- o Simplicidad en la construcción,
- o Diseño y construcción de acuerdo a las propiedades de contracción y estándares establecidas.
- o Excelente fabricación
- o Materiales que lleven a un costo bajo de mantenimiento.

Por las consideraciones anteriores y la capacidad máxima anotada, los calderos más utilizados en la industria son los de tipo empacado.

Los accesorios con los que cuenta un caldero tipo empacado pirotubular (Marca Nacional) son:

### **Recipiente de presión**

- Tubo central o (principal)
- Tubo de agua
- Tubo de fuego

### **Accesorios de alimentación de agua.**

- Tanques de alimentación de agua
- Bombas de agua
- Inyectores de agua
- Válvulas:
  - Entrada y
  - Salida

### **Quemador**

- Transformador de inyección de chispa.
- Boquilla de pulverización de diesel de combustible
- Sistema de encendido
- Ventilador de aire
- Electrodo
  - Focélula de señal de llama

### **Tuberías de interconexión**

- Salida de vapor
- Salida de gases
- Purgas:
  - Lateral y

- Fondo

### **1Accesorios de inspección visual**

- Manómetros
  - Válvula lateral y de fondo
- Tubos de nivel o visor de nivel
- Pressuretrol

### **Accesorios de seguridad**

- Fusibles
- Breakets
- Válvula de seguridad o venteo

### **Sistema eléctrico**

- Tablero de control:
  - Electroodos
  - Dos temporizadores
  - Dos contactores
  - Relé térmico
- Pressuretrol
- McDonnell

### **Tapas de control**

- Tapa de agua
- Tapa de fuego

### **Chimenea**

- Sistema de tiro de gases de combustión

### **1Accesorios de limpieza e inspección.**

- Llaves de purgas
- Emersol químico para evitar corrosión en los tubos de agua

### **1Accesorios de extracción de vapor**

- Válvulas:
  - Globo o de media vuelta
  - Seguridad
  - Check

### **1Dispositivos de alimentación de combustible**

- Combustibles líquidos
- Bomba de combustible

### **Dispositivos automáticos de supervisión**

- Pressuretrol
- Control de nivel de agua (McDonell)
- Temporizadores

El equipo térmico se encuentra montada sobre un armazón de acero estructural, que facilita su transporte, levantamiento y colocación sobre una base de hormigón en la posición establecida para las diferentes conexiones requeridas.

Las únicas conexiones que se requieren para su operación son:

- o Corriente eléctrica
- o Suministro de combustible
- o Suministro de agua de alimentación
- o Tuberías de vapor aislados para evitar condensados
- o Tuberías de Purgas

- o Chimenea, para desfogar de los gases

## **2.6 PRINCIPIOS DE LA COMBUSTIÓN**

La combustión en un caldero se realiza con el fin de obtener energía, y es obvio que para una mejor rentabilidad es preciso recuperar, del modo más posible, la energía química contenida en potencia en el combustible.

Esta energía química va a liberarse bajo la forma de calor en las reacciones de la combustión. Este calor va a ser recuperado en la caldera para producir vapor y recalentarlo.

La diferencia entre la energía en potencia, contenida en el combustible, y la energía absorbida por el vapor constituye la energía perdida (calorías perdidas). El rendimiento de la combustión es, pues, función de estas pérdidas. Las causas de estas pérdidas son numerosas.

El proceso de la combustión es una reacción química a alta temperatura y alta velocidad. Esta es una rápida unión de un combustible con el oxígeno, que da como resultado la producción de calor; esencialmente es una explosión controlada.

La combustión ocurre cuando los elementos en un combustible se combinan con el oxígeno del aire para producir calor. Todos los combustibles, ya sean sólidos, líquidos o en forma gaseosa, constan primariamente de compuestos de carbón e hidrógeno llamados hidrocarburos.

El azufre está también presente en esos combustibles. El quemador es el encargado de que la mezcla sea la apropiada; la cantidad de calor por unidad de masa que desprende un combustible al quemarse es el Poder Calorífico (kJ/kg).

PCI (el vapor de agua de los humos no condensa)

PCS (se condensa el vapor de agua de los humos)

Los elementos básicos que reaccionan son:

- El oxígeno del aire como comburente (aprox.  $1\text{m}^3$  por kwh)
- El carbono y el hidrógeno del combustible
- Otros elementos (azufre), e inertes (cenizas).

### 2.6.1 Tipos de combustión

Hay tres tipos de combustión:

- Combustión perfecta
- Combustión completa
- Combustión incompleta

**Perfecta:** se lleva a cabo cuando todo el combustible es quemado, utilizando solamente la cantidad de aire teórica, pero como se expuso anteriormente, la combustión perfecta no puede llevarse a cabo en una caldera.

**Completa:** se realiza cuando todo el combustible es quemado utilizando una cantidad mínima de aire, por encima de la cantidad de aire teórica para quemar el combustible.

**Incompleta:** ocurre cuando no todo el combustible se quema, dando como resultado humo y hollín.

### 2.6.2 El proceso de combustión

El proceso de la combustión ocurre cuando se combina el combustible con el oxígeno para producir calor. La meta es realizar una completa combustión la quema de todo el combustible- con la mínima cantidad de exceso de aire.

Hay cuatro requerimientos para una completa combustión (MATT):

**M:** Se requiere una apropiada mezcla de aire y combustible. La relación aire/combustible es controlada para todas las tasas de quemado. Una alta tasa requiere más aire y combustible, proporcionalmente, que una baja tasa.

**A:** Atomización adecuada del combustible líquido. La atomización es el proceso de rompimiento del combustible líquido en pequeñas gotas para permitir una rápida vaporización del líquido.

**T:** Temperatura apropiada del aire, del combustible y de la zona de temperatura de la llama; debe ser mantenida para llevar a cabo la combustión completa.

**T:** Tiempo apropiado para completar el proceso de la combustión antes que sus gases hagan contacto con las superficies de transferencia de calor.

### **2.6.3 Productos de la combustión**

La presencia de cantidades de aire por encima de lo normal, propicia daños graves a los equipos y la formación de las sales de la combustión que corroen las superficies frías del caldero. La presencia de CO es antieconómica, pues parte del combustible se va a la atmósfera como un producto inquemado.

Cuando el hidrogeno y el oxigeno se combinan, producen un calor intenso y vapor de agua; de manera igual cuando el oxigeno y el azufre se combinan se forman el dióxido de azufre y algo de calor.

Estas reacciones químicas toman lugar dentro del horno durante la combustión por la presencia de aire (oxígeno) para completar la quema del combustible.

Puesto que la combustión no puede ser 100% eficiente; todos los combustibles tienen alguna humedad y elementos no combustibles. Por ejemplo el gas natural tiene un 6% de no combustible.

#### **2.6.4 El combustible**

Los combustibles son sustancias orgánicas utilizadas exclusiva o principalmente para la producción de calor útil. Se clasifican en sólidos, líquidos y gaseosos.

Los combustibles utilizados en la operación de calderas industriales, en el país, son derivados del petróleo: Diesel y bunker, muy raras veces se utilizan otros combustibles.

##### **2.6.4.1 Propiedades físico - químicas de los combustibles**

Un conocimiento de las propiedades de los combustibles es importante, para su uso, con el fin de garantizar un proceso de combustión eficiente.

Entre las propiedades que caracterizan a un combustible están:

##### **A. Punto de inflamación**

El punto de inflamación de un combustible es aquella temperatura a la cual empiezan a desprenderse vapores, que al combinarse con el aire se vuelven inflamables, pero no hay presencia de llama.



### **B. Punto de ignición**

Se distingue del punto de inflamación en que la llama formada por la combustión de los vapores es duradera y persistente. El punto de ignición suele estar a temperaturas de 20 °C a 60 °C superiores a las del punto de inflamación.

### **C. Punto de escurrimiento**

El punto de escurrimiento o fluidez de un aceite combustible, en términos generales es la temperatura a la cual se congela cuando se enfría. Se determina simplemente enfriando lentamente al combustible y anotando la temperatura a la cual ya no puede fluir.

### **D. Valor calórico**

Valor calórico es la energía que un combustible puede liberar, si tanto los reactantes, como los productos en el proceso de combustión se encuentran a la misma temperatura. Se utilizan los calificativos "Superior" e "Inferior".

El valor calórico superior es determinado cuando el vapor de agua presente en los productos de combustión se condensa y el calor latente de vaporización del agua se incluye en el valor calórico del combustible. El valor calórico inferior es obtenido cuando el calor latente de vaporización no ésta incluido.

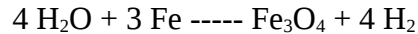
## **2.7 CORROSIÓN**

Se entiende por corrosión la interacción de un metal con el medio que lo rodea, produciendo el consiguiente deterioro en sus propiedades tanto físicas como químicas.

Es un problema relacionado con la calidad del agua de calderas es la corrosión en sus tuberías. El ejemplo más común de corrosión, es el ataque al acero por el oxígeno disuelto en el agua. Esto puede suceder en cualquier parte del sistema donde haya presencia de oxígeno.

El ataque del oxígeno se agudiza o acelera por las altas temperaturas y por un bajo nivel de pH. Este ataque puede ocurrir especialmente en los tubos de la caldera donde un flujo restringido de agua puede causar sobrecalentamiento, o en tubos del supercalentador que estén en iguales condiciones.

Aunque la eliminación del oxígeno del agua de alimentación es el paso más importante para controlar la corrosión de la caldera, ésta puede presentarse de todos modos, por ejemplo, en un ataque directo de la superficie de acero de la caldera en ausencia de oxígeno, de acuerdo con la siguiente reacción.



El hierro del tubo para  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  que sale como lodo y se presenta un picado en la superficie del tubo como corrosión.

Es el resultado destructivo provocado por reacción química entre un metal (o aleación) y su ambiente. Implica transferencia de carga electrónica en soluciones acuosas.

- Corrosión por hidrógeno
  - Se opone un proceso de electrodo gaseoso de hidrógeno.
  - Disolución de metal en el ánodo.
  - Cátodo protegido.
  - Corrosión uniforme.

- Corrosión por oxígeno
  - Mayor potencial que la corrosión por hidrógeno.
  - Más frecuente.
  - Los depósitos frenen este tipo de corrosión.

### **2.7.1 Tipos de Corrosión**

Se clasifican de acuerdo a la apariencia del metal corroído, dentro de las más comunes están:

- a. Corrosión uniforme: Donde la corrosión química o electroquímica actúa uniformemente sobre toda la superficie del metal
- b. Corrosión galvánica: Ocurre cuando metales diferentes se encuentran en contacto, ambos metales poseen potenciales eléctricos diferentes lo cual favorece la aparición de un metal como ánodo y otro como cátodo, a mayor diferencia de potencial el material con más activo será el ánodo.
- c. Corrosión por picaduras: Aquí se producen hoyos o agujeros por agentes químicos.
- d. Corrosión intergranular: Es la que se encuentra localizada en los límites de grano, esto origina pérdidas en la resistencia que desintegran los bordes de los granos.
- e. Corrosión por esfuerzo: Se refiere a las tensiones internas luego de una deformación en frío.

### **2.7.2 Corrosión por el lado del agua**

Los pH bajos y altas temperaturas favorecen la corrosión de materiales metálicos. Bajo estas condiciones, pequeñas concentraciones de oxígeno causan corrosión y la erosión de materiales metálicos de calderas y tubos.

Esto se nota por la coloración creciente del agua de caldera y/o el enlodamiento del sistema. El oxígeno penetra con la alimentación de agua fresca y puede ser aportado al sistema también por fugas, zonas de depresión o materiales de tubo no herméticos a la difusión.



Fig. 10 Corrosión de tubos

Fuente: Internet

### **2.7.3 Formación de incrustaciones**

La formación de incrustaciones en el interior de los calderos suelen verse con mayor frecuencia.

El origen de las mismas está dado por las sales presentes en las aguas de aporte a los generadores de vapor, las incrustaciones formadas son inconvenientes debido a que poseen una conductividad térmica muy baja y se forman con mucha rapidez en los puntos de mayor transferencia de temperatura.

Las sustancias formadoras de incrustaciones son principalmente el carbonato de calcio, hidróxido de magnesio, sulfato de calcio y sílice, esto se debe a la baja solubilidad que presentan estas sales y algunas de ellas como es el caso del sulfato de calcio, decrece con el aumento de la temperatura.

Estas incrustaciones forman depósitos duros muy adherentes, difíciles de remover, algunas de las causas más frecuentes de este fenómeno son las siguientes:

- a) Excesiva concentración de sales en el interior de la unidad.
- b) El vapor o condensado tienen algún tipo de contaminación.
- c) Transporte de productos de corrosión a zonas favorables para su precipitación.
- d) Aplicación inapropiada de productos químicos.

Durante el calentamiento del agua se precipita la dureza de carbonatos contenida en el agua de alimentación posterior formando la llamada incrustación de caldera. Esto empeora la transmisión del calor y puede causar localmente destrucciones del material por sobrecalentamiento.



Fig. 11 Incrustaciones

Fuente: Internet

## 2.8 TRATAMIENTO DE AGUA

Un caldero puede ser aprovechado eficientemente solamente si se da una apropiada atención al tratamiento del agua. Un caldero no cumplirá con su función en la planta industrial si en las superficies de transferencia de calor existen depósitos o incrustaciones y se permite la presencia de elementos corrosivos.

El tratamiento de agua puede incluir el acondicionamiento de:

1. Agua cruda.

2. Condensados del vapor de procesos o turbinas.
3. Agua del caldero.

Un apropiado acondicionamiento se obtendrá cuando:

1. Se evite la formación de depósitos en las superficies internas.
2. Se controle la corrosión en las superficies internas.
3. No exista la formación de espuma y el arrastre con el vapor de los sólidos presentes en el agua del caldero.

El vapor que se condensa y retorna al sistema del caldero se llama "condensado". Las pérdidas de vapor en los procesos, en purgas o venteos son reemplazadas. Esta agua reemplazada y añadida al caldero se le llama "agua de reposición".

El total del flujo de condensado y agua de reposición es el agua de alimentación al caldero. En algunas plantas sólo un pequeño porcentaje de condensado retorna al caldero; en otras, todo el vapor generado es recuperado como condensado.

El agua de alimentación en el caldero se evapora y los sólidos se concentran en el interior del mismo. Si la concentración de estos sólidos excede ciertos límites, la calidad del vapor se verá afectada por arrastre de los mismos. Además, los sólidos presentes en el agua del caldero pueden adherirse a las superficies internas como depósitos o lodos.

La concentración de sólidos en el agua del caldero puede ser controlada por remoción de una parte de ella en forma continua o en forma intermitente; esta remoción del agua del caldero desde el domo se llama purga.

El tratamiento del agua cruda, condensado, agua de alimentación, agua del caldero y los efectos del arrastre y pureza del vapor serán considerados a continuación.

### **2.8.1 Tratamiento de agua cruda**

El agua nunca está presente en forma pura. Todas las aguas naturales contienen cantidades variables de materia disuelta y suspendida.

El tipo y la cantidad de impurezas en el agua varía de acuerdo a su origen: río, pozo, lluvia, agua potable, etc.

El agua de lluvia contiene en solución gases atmosféricos como oxígeno, nitrógeno y  $CO_2$ . En aguas de pozos se encuentran grandes cantidades de minerales disueltos. En aguas superficiales se encuentra frecuentemente materia orgánica, la cual debe ser removida previamente para ser alimentada al caldero. Los sólidos suspendidos son aquellos que no se disuelven en el agua y pueden ser removidos o separados por decantación, filtración o clarificación.

Los sólidos disueltos son aquellos que están en solución y no pueden ser removidos por los procesos citados anteriormente. Los sólidos disueltos más frecuentes en agua son: sílice, hierro, calcio, magnesio y sodio. Los elementos metálicos están presentes en combinaciones con radicales, bicarbonatos, sulfatos y cloruros.

Las incrustaciones ocurren cuando los compuestos de calcio y magnesio en el agua (aguas duras) precipitan y se adhieren a las superficies internas. Estos compuestos son menos solubles cuando se incrementa la temperatura. Las incrustaciones producen un decrecimiento en el intercambio de calor y sobrecalentamiento de los tubos, seguido por fallas y daños del equipo.

Un tratamiento externo del agua se requiere cuando la concentración de una o más impurezas del agua de alimentación es alta para ser tratada en el caldero.

La selección del equipo y el tratamiento del agua cruda, solamente debe realizarse luego de un análisis de la composición del agua cruda, cantidad requerida de agua de reposición, tipo de caldero y presión de operación.

Generalmente, el primer paso en el acondicionamiento del agua es la coagulación y filtración del material suspendido. Una decantación natural removerá parcialmente los sólidos suspendidos y el tiempo de decantación requerida dependerá de la gravedad específica, número y tamaño de las partículas.

Este proceso puede ser acelerado por coagulación. La coagulación es el proceso por el cual los materiales finamente divididos, con el uso de ciertos compuestos químicos, producen grandes partículas capaces de decantar rápidamente.

Existen coagulantes orgánicos e inorgánicos. Previamente al tratamiento por coagulación, se trata el agua con cloro para oxidar la materia orgánica. Luego de la clarificación del agua por coagulación, el agua debe ser pasada a través de filtros.

La filtración remueve las partículas finas suspendidas que no han sido retenidas en los procesos de coagulación y sedimentación. Filtros de carbón activado serán necesarios para remover trazas de materia orgánica o excesos de cloro residual.



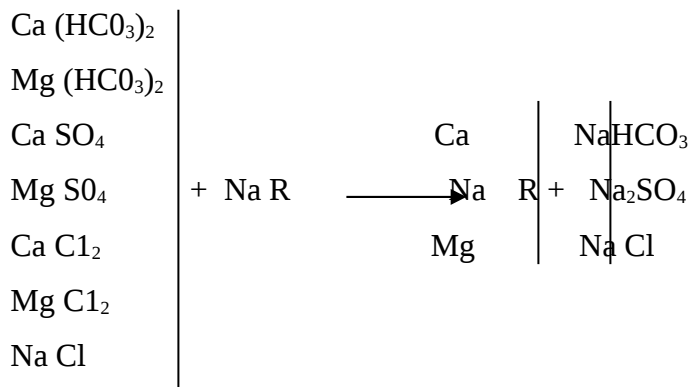
Luego de remover los materiales suspendidos en el agua cruda, la dureza o los materiales que originan las incrustaciones continúan en solución. Tratamientos adicionales se requieren para remover estos materiales.

Estos tratamientos consisten en precipitar los constituyentes de la dureza y/o intercambiar la dureza por iones "no duros" en un proceso llamado intercambio iónico.

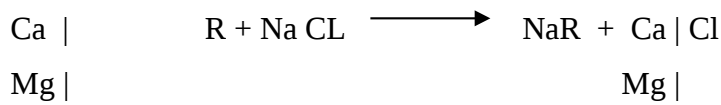
**Ablandamiento ciclo sodio**

Este proceso utiliza resinas que tienen la propiedad de intercambiar el calcio y el magnesio presentes en el agua, por sodio. Cuando la resina se satura de calcio y magnesio, se dice que está exhausta y se la regenera pasando una solución de sal a través de ella.

Agotamiento de la resina:



Regeneración de la resina:



En este proceso de ablandamiento, el pH y la alcalinidad del agua permanecen invariables.

El agua, luego de pasar por el proceso de zeolita, contiene bicarbonatos, sulfatos y cloruros en la misma concentración del agua cruda, solamente el calcio y el magnesio se han intercambiado con los iones sodio.

No existe una reducción del monto total de sólidos disueltos y no existe una reducción del contenido de alcalinidad. Cuando es necesaria la reducción del monto total de sólidos disueltos, este método puede ser remplazado por un ablandamiento en cal caliente y zeolita.

### 2.8.2 Impurezas en el agua

Las impurezas más comunes y que mayor influencia tienen en la generación de vapor son:

**Sólidos suspendidos:** Consisten en materia insoluble finamente dividida, bien de tipo inorgánico, tales como arcillas, precipitaciones de fosfato tricálcico, floc de  $Al(OH)_3$ , o bien orgánicos, tales como aceite o grasas suspendidas.

Los sólidos suspendidos tapan tuberías, producen depósitos y causan espumas.

**Sólidos disueltos:** Tienen importancia por la influencia que tiene en el arrastre de impurezas en el vapor; deben controlarse porque causan espumas.

**Dureza:** Mide el contenido de sales de calcio y magnesio en términos de carbonato de calcio. Estas sales forman incrustaciones en la superficie caliente del caldero.

**Alcalinidad:** Corresponde a la presencia de carbonates, bicarbonatos y/o hidróxidos, expresados como carbonato de calcio; existen 3 tipos de alcalinidad.

- Alcalinidad " M " o total; neutraliza ácido hasta un pH de 4.3
- Alcalinidad " P " o a la fenolftaleína; neutraliza ácido hasta un pH de 8.3
- Alcalinidad al OH; corresponde a la fracción de OH, se calcula a partir de valores de P y M; Alcalinidad al OH =  $2 * P - M$

Debe mantenerse suficiente alcalinidad en el agua de calderas para prevenir la corrosión (pH de 10 - 11.5), igualmente suficiente cáustica libre para precipitar el magnesio como  $Mg(OH)_2$  y mantener la sílice en forma soluble.

La alta alcalinidad cáustica produce espuma y arrastre en la caldera y es causa de corrosión cáustica (caustic embrittlement).

El carbonato y bicarbonato producen  $CO_2$  con el vapor, fuente de corrosión en condensados.

**Sílice:** Se presenta en forma soluble o en su forma suspendida; produce incrustaciones en el caldero; a altas temperaturas se vaporiza y forma depósitos insolubles y muy adherentes en los álabes de las turbinas.

**Materia orgánica:** Se presenta en forma de color en el agua, sólidos suspendidos finos, cantidades pequeñas de microorganismos o grasas y aceites; producen espumeo en calderas, ocasionando arrastres de impurezas con el vapor.

**Gases disueltos:** Dentro de lo más comúnmente presente y causante de corrosión, están el  $CO$ , libre y el oxígeno disuelto.

El oxígeno disuelto corroe economizadores, sobrecalentadores y sistemas de retorno de condensados. El CO<sub>2</sub>, libre forma ácido carbónico en condensados, haciéndolos altamente corrosivos.

**Hierro:** El hierro, en la forma de óxido, se deposita en la caldera, constituyéndose en una de las mayores causas de las fallas en los tubos de la caldera.

### 2.8.3 Calidad del agua de calderos

La calidad del agua de alimentación en la caldera es función de la presión de vapor, la rata de generación y los usos del vapor.

<b>Presión tambor (psi)</b>	<b>Sílice ppm</b>	<b>Alcalinidad total ppm CaCO<sub>3</sub></b>	<b>Conductividad específicos µmho/cm</b>
0 -300	150	350	3500
301 - 450	90	300	3000
451 -600	40	250	2500
601 - 750	30	200	2000
751 - 900	20	150	1500
901 - 1000	8	100	1000
1001 - 1500	2	N.E	150
1501 - 2000	1	N.E	100

NE: No especificado

Tabla.1 Límites sugeridos por la ASME (American Society Mechanical Engineers)

Fuente: Operación de Calderas Industriales.

La eficiencia de un caldero está dada por su capacidad de transferir el calor generado en su hogar al agua dentro de ella y depende de su área de transferencia térmica y del estado de limpieza de ésta.

Los contaminantes en el agua en los calderos causan una grave alteración en la superficie interna de los tubos, que disminuye la eficiencia de la caldera y ocasiona serios daños, no sólo en el generador de vapor sino en los equipos en donde éste es usado y en los sistemas de condensación del vapor.

## **2.9 SITUACIÓN ACTUAL DEL CALDERO**

El caldero se encuentra en un espacio reducido de 5m de largo por 3.5m de ancho con paredes de hormigón y abajo 2.5m del nivel del suelo, asentada en un piso de hormigón, los soportes del caldero son de acero, los tubos de interconexión de vapor se encuentran aislados con aluminio para evitar condensados en las tuberías.

La capacidad del caldero es de 75 B.H.P, la presión de diseño es de 120 psi se encontraba trabajando a 55 psi, pero debido a falla en la válvula de seguridad (o de alivio) el valor de la presión se debió reducirlo a 50 psi, por la razón de que se abría la válvula de alivio y no soportaba dicha presión, de esta forma se pudo evitar daño en el equipo térmico.

El transformador de ignición de chispa del primario es 120 V y del secundario de 20000 V, el consumo de combustible es de 6 galones/h, capacidad de la boquilla

de 6 galones a (80 °B), con un motor eléctrico del ventilador de 3 hp trifásico, la bomba de alimentación de agua tiene una capacidad para 250 litros, es de alta presión con un motor trifásico de 3 hp.

La instalación esta hecha con 2 pressuretrol para la protección del McDonnell, con una válvula de seguridad (o de venteo) de 2 pulg. de 150 psi de presión. El tablero eléctrico de mandos se encuentra formado con 2 contactores con sus respectivas protecciones, con 2 temporizadores el primero para el tiempo de ignición de chispa de 15 - 20 segundos, el segundo para el tiempo de abierta para la pulverización de combustible de 5 segundos el del diesel.

### **2.9.1 Fallas frecuentes**

- o Falla en el sistema de ignición.
- o Falla por taponamiento por impurezas en la boquilla de pulverización de diesel.
- o Falla en los electrodos por perdida de energía esto ocurre cuando se mojan los electrodos.
- o Falla del sistema eléctrico se resetea el automático de la foto célula (en el caso de que no se prenda la llama).

**Nota:** La distribución del las instalaciones (Layout), de la empresa LACTEOS DE MARCO'S, área de recepción de materia prima, línea de pasteurización, almacenamiento del producto terminado, línea de yogurt, quesería, área de mantenimiento, área de contabilidad, oficinas, bodegas, ubicación del caldero, entre otros se lo pueden observar en los anexos al final; planta baja y planta alta respectivamente.

### **2.10 HIPÓTESIS**

La Elaboración de este Manual de Mantenimiento Preventivo para un Caldero en la empresa LACTEOS DE MARCO'S ubicada en el cantón Píllaro,

disminuirá el riesgo de accidentes y paros en la producción por la falta de vapor para la elaboración de los productos y contribuirá con un mejor desempeño durante el proceso productivo.

## **2.11 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS**

### **Variable Dependiente**

Correcto mantenimiento preventivo del caldero.

### **Variable Independiente**

Procesos Establecidos en el manual de mantenimiento

# **CAPÍTULO III**

## **METODOLOGÍA**

### **3.1 ENFOQUE**

El enfoque de la investigación es de tipo cualitativo, por que el manual de mantenimiento preventivo reflejará las diferentes actividades que el operador encargado realizará.

### **3.2 MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

El proyecto de investigación se lo realizará de una forma cualitativa, a través de esta forma se establecerá las causas y consecuencias para poder mejorar los niveles de rendimiento, y seguridad.

A través de esta investigación se comprobará el estado del caldero, la limpieza, corrosiones, incrustaciones, etc, de las superficies de calefacción, así como las diferentes partes de funcionalidad.

#### **1.1 Investigación de Campo**

Para alcanzar y cumplir con los objetivos propuestos y poder contribuir con una investigación más profunda conforme a los requerimientos de la empresa, el trabajo de investigación será de campo, estando en contacto o en forma directa con la realidad del problema, en la cual se va a analizar, coordinar, planificar y ejecutar dicho trabajo en compañía de los trabajadores de la empresa.

#### **1.2 Investigación Documental-Bibliográfica**



En este proyecto de investigación práctico, las obras bibliográficas que servirán como fuente de consulta se enumeraran; así como otras fuentes de consulta, la información de páginas Web de Internet que tengan relación alguna con el tema, serán incluidos como documentos bibliográficos de consulta que reforzaran los criterios y el enfoque al cual se quiere llegar con la investigación.

### **3.3 TIPOS DE INVESTIGACIÓN**

En este proyecto de investigación se aplicara los siguientes tipos:

#### **2.1 Investigación Exploratoria**

Para realizar esta investigación se utilizará los medios como la observación, las consultas técnicas como la recopilación de los datos que ayudarán a desarrollar la investigación plenamente.

Para resolver dicho problema de investigación se aplicará un nivel exploratorio el cual permitirá obtener la información correcta previa al campo de investigación, resolviendo dudas de una forma veraz y concisa.

Permitirá detallar las características de la realidad del problema actual de la planta, y su incidencia en el rendimiento para la cual dependerá de un correcto mantenimiento en dicha área que requieren de un mejoramiento continuo.

#### **2.2 Investigación Descriptiva**

La utilización de la investigación descriptiva será de una metodología de la estadística descriptiva, que en base a datos se llevará a cabo. Este análisis permitirá, verificar, y comprobar la hipótesis planteada, y poder llegar a conclusiones.

### **3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **3.4.1 Población**

Se caracteriza por ser el conjunto de elementos con características comunes de la totalidad, en los que se desea estudiar un hecho o un fenómeno de este universo en un espacio determinado.

Se utilizará la metodología de investigación; Población, considerando su tamaño involucrado todas las necesidades que se puedan requerir en el mantenimiento de las instalaciones.

De acuerdo con el problema a estudiarse y otros factores que involucren estos riesgos y peligros a estudiarse y las causas que inciden en un correcto funcionamiento y desenvolvimiento correcto del equipo térmico, para poder dar solución, se involucrará en la investigación a todo el trabajador de la empresa que se encuentra actualmente.

- ❖ Jefe de Planta
- ❖ Jefe de producción
- ❖ Trabajadores
- ❖ Técnico

#### **3.1 Muestra**

Se considera como una población pequeña del total y no amerita ser realizada.

### **3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

Con la existencia de una hipótesis; y, las variables a plantearse, estas serán analizadas y relacionadas entre sí mediante el método estadístico descriptivo, que se lo ha redactado anteriormente en el numeral anterior.

### **3.6 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

Toda la información que se obtendrá será a través de observación directa al equipo térmico, preguntas a los operarios y bibliografía obtenida de libros así como del Internet. Las preguntas que se las realicen serán del tipo abierto y concreto a los encuestados.

### **3.7 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS**

La información recolectada a través de las técnicas investigativas, serán procesadas estadísticamente y a través de las hojas de información de seguridad de materiales que correspondan.

# **CAPÍTULO IV**

## **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

### **4.1 ANÁLISIS**

Para poder realizar el manual de mantenimiento preventivo del caldero y estructurarlo de una mejor manera se realizo un breve análisis de algunos tópicos, los cuales me permitirán tener una visión mas real de los actuales momentos de la Empresa LACTEOS DE MARCO`S, ante la falta un manual de mantenimiento preventivo.

### **4.2 INFORME DE REVISIÓN DEL CALDERO**

La empresa no cuenta con una hoja de control de revisión del caldero para la verificación de fallas y otras anomalías que puedan presentarse en el momento de la inspección y poder llevar una documentación de los daños más frecuentes.

A menudo se realizan las inspecciones pero estas no son documentadas para un uso posterior.

### **4.3 EL MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

La empresa LACTEOS DE MARCO`S, no cuenta con un manual de mantenimiento preventivo para el equipo térmico.

### **4.4 EL MANTENIMIENTO DEL EQUIPO TÉRMICO**

El mantenimiento se lo realiza de una manera común de acuerdo a la experiencia laboral del operario encargado de inspeccionar el caldero. Al utilizar este método tradicional el operario no sigue una secuencia de pasos.

El mantenimiento en calderas puede ser de tres tipos:

- 1 Correctivo => Corregir
- 2 Preventivo => Prevenir
- 3 Predictivo => Predecir

El mantenimiento que se realiza es de tipo correctivo no se realiza una verificación técnica ni pruebas para poder ejecutarlos.

La cual se la realiza siguiente manera:

1. Al presentarse fallas en los equipos los obreros comunica estas fallas al operador encargado en el mantenimiento.
2. No se realiza ninguna prueba técnica para poder detectar posibles fugas o fallas en el equipo térmico.
3. La única forma de saber si un equipo está fallando es cuando éste deja de funcionar o existe problemas en el proceso de los productos.

#### **4.5 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS**

Lo que se pretende con la elaboración de este manual de mantenimiento preventivo, es básicamente facilitar todas las operaciones de mantenimiento que se los realiza al caldero como de los elementos con los que cuenta dicho equipo, y de esta manera poder evitar paradas no programadas.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. Conclusiones**

- El mantenimiento representa una arma importante en seguridad laboral, ya que un gran porcentaje de accidentes son causados por desperfectos en los equipos que pueden ser prevenidos. También el mantener el área y ambiente de trabajo con adecuado orden, limpieza, iluminación, es parte del mantenimiento preventivo.
- El mantenimiento no solo debe ser realizado por el departamento encargado de esto. El trabajador debe ser concientizado a mantener en buenas condiciones los equipos, herramienta, maquinarias, esto permitirá mayor responsabilidad del trabajador y prevención de accidentes.
- La realización de este manual de mantenimiento preventivo tiene como objetivo, la seguridad de toda la empresa y concienciar al área de mantenimiento, ha llevar un mantenimiento periódico

detectando cualquier falla a tiempo, evitando así cualquier parada no programada en el proceso productivo de la empresa, que llevaría gastos económico muy elevados y perdidas en la producción.

- Los sistemas de control más importantes del caldero son el control de la presión y el control de la temperatura ya que estas son las que afectan en mayor grado la operación del caldero, por lo que el operario debe predecir posibles fallas que impidan el correcto funcionamiento.
- Los calderos son máquinas de vapor cuyo uso industrial es extenso y de ahí se toma la importancia de realizar una documentación del equipo térmico, que facilitará, como fuente de información o consulta a inquietudes del estado del caldero.



## 5.2. Recomendaciones

- El departamento de compras de la Empresa Lácteos de Marco`s debe dotar de insumos, herramientas y compuestos químicos utilizados de manera rápida y oportuna, para poder evitar daños en el caldero, que de esta forma se podrá obtener una eficiente operación del equipo térmico y lograr minimizar incrustaciones y corrosión dentro del caldero alargado la vida del equipo.
- Cerrar las válvulas y detener el fuego cuando se produzca una ebullición violenta del agua.
- Protegerse los ojos, las manos y la cara, en el momento de realizar el mantenimiento y limpieza del equipo térmico, con el fin de proteger la salud y evitar accidentes.
- Controlar periódicamente el tanque de combustible y los dispositivos de control y de seguridad del caldero para poder evitar cualquier parada no programada y paro en la producción.
- Un caldero debe tener el espacio suficiente para que el operador del caldero pueda movilizarse adecuadamente, para realizar la limpieza de los tubos de fuego de una manera más eficiente y cómoda en momento del desmontaje de las tapas.
- Se requiere equipar el taller con herramientas modernas adecuadas, por ejemplo una pistola neumática para extracción y apretado rápido de tornillos y tuercas. Estos instrumentos permiten reducir sensiblemente el tiempo de desarmado y armado, disminuyendo el tiempo de reparación.

## **CAPÍTULO VI**

### **PROPUESTA**

#### **6.1 EL MANTENIMIENTO**

Un adecuado mantenimiento del equipo industrial es muy importante en cualquier fábrica, no sólo para preservarlo y de esta forma prolongar su vida útil garantizando la producción, sino que también para garantizar la calidad de los procesos de elaboración y de los productos terminados.

La rotura o el daño de una máquina en plena producción obligan a parar la producción momentáneamente, por algunos minutos u horas o por mayor período de tiempo, a veces días, lo cual puede llevar a desviaciones en la calidad de producción, retraso de la producción desviaciones que inciden en la calidad final del producto terminado.

En fábricas con grandes volúmenes de producción es conveniente contar con duplicación de ciertas máquinas, en particular de aquellas que realizan trabajos críticos.

A veces sucede que la maquinaria suplente o de alternativa es más antigua que la empleada en la producción diaria; esto repercute en la calidad del producto terminado, obteniéndose un producto final con características ligeramente diferentes a las de la producción normal, en estos casos es muy importante no parar la producción.

Por lo tanto, en un plan de gestión total de la calidad, no pueden olvidarse la planificación y ejecución de un plan de mantenimiento preventivo de todas las máquinas de la producción y de aquellas tan importantes como lo son, las calderas de vapor.

Un buen comienzo para la puesta en ejecución un correcto mantenimiento es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

#### **6.1.1 Personal**

Es necesario seleccionar a la persona encargada de coordinar, planificar y ejecutar estas tareas.

#### **6.1.2 Iluminación**

El taller debe disponer de muy buena iluminación natural y artificial para así realizar un trabajo eficiente.

#### **6.1.3 Manuales**

El taller necesita contar con la lista de repuestos y los manuales de despiece, funcionamiento y mantenimiento preventivo (lubricación, cambio de repuestos de acuerdo a horas de trabajo etc.,) para todas las máquinas disponibles dentro de la empresa.

#### **6.1.4 Repuestos y servicio**

Se requiere disponer de los servicios de un representante confiable de las máquinas que apoye con información técnica, servicio mecánico de apoyo, repuestos originales, etc.

Es común encontrar vendedores que prodigan atenciones cuando se muestra interés por la adquisición de una máquina pero que, cuando se necesitan repuestos o solucionar problemas de funcionamiento, regulación etc., ignoran las solicitudes.

#### **6.1.5 Mantenimiento Correctivo**

Es el mantenimiento efectuado después de una falla y las máquinas tienen que ser reparadas inmediatamente, esto produce pérdidas de tiempo en la producción, retrasos de los pedidos y un mayor costo en la reparación del equipo; para poder evitar estos inconvenientes es necesario realizar un mantenimiento preventivo.

#### **6.1.6 Mantenimiento Preventivo**

Es el efectuado a un bien siguiendo un criterio, con el fin de reducir las posibilidades de falla. Tareas de inspección, control y conservación de un equipo/componente con la finalidad de prevenir, detectar o corregir defectos, tratando de evitar averías en el mismo.

La persona responsable de mantenimiento debe elaborar y poner por escrito un plan de mantenimiento preventivo.

Esto significa que no se debe esperar a que se rompan las máquinas para repararlas. De acuerdo a las recomendaciones del fabricante, se establecerán los plazos y tipos de mantenimiento a realizar para cada máquina.

Se aprovechan los períodos de menor producción para hacer verificaciones más a fondo del estado interno de las máquinas, en particular recambio de piezas, limpieza, verificación de válvulas etc.

Un plan de este tipo, llevado a cabo con disciplina y orden, prolonga la vida útil de las maquinarias y reduce sensiblemente los desperfectos inesperados en plena etapa de producción; ayuda a reducir los gastos de producción.

Las ventajas que se tienen con este tipo de mantenimiento son:

- o Disminuye los tiempos muertos; es decir tiempo de parada del equipo térmico.
- o Mayor duración en cuanto a los equipos.
- o Uniformidad en la carga de trabajo por el personal de mantenimiento, debido a la programación de las actividades.
- o Confiabilidad de los equipos, operación en mejores condiciones de seguridad.

#### **6.1.7 Mantenimiento Predictivo**

Es el mantenimiento efectuado de acuerdo a información por un aparato de control permanente. Tareas de seguimiento del estado y desgaste de una o más piezas o componente de equipos prioritarios a través de análisis de síntomas, o análisis por evaluación estadística, que determinen el punto exacto de su sustitución.

Las ventajas que se tienen con este tipo de mantenimiento son:

- o Reduce el tiempo de parada
- o Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- o Permite el conocimiento del historial de actuaciones.
- o Facilita el análisis de las averías.
- o La verificación del estado del equipo tanto realizada en forma periódica como de forma accidental, permite confeccionar un archivo histórico de fallas.

#### **6.1.8 Mantenimiento Sistemático**

Es el mantenimiento efectuado según un programa establecido de acuerdo con el tiempo de trabajo u otro factor.

## **6.2 CUIDADOS QUE SE DEBEN TENER EN CALDEROS**

### **PIROTUBULARES**

Los cuidados que deben tenerse en este tipo de calderos van de acuerdo a las normas de seguridad; todos los recipientes de presión están construidos bajo la norma ASME (American Society of Mechanical Engineers), esta norma para diseño de calderas y recipientes a presión es utilizada a nivel mundial.

Para poder llevar un buen cuidado de estos equipos térmicos con la eficiencia y la seguridad de operación, es necesario seguir los procedimientos establecidos en un manual de mantenimiento, con el que se podrá organizar un mantenimiento preventivo y correctivo para evitar daños de estos equipos.

#### **6.2.1 Cuidados en el arranque de un caldero**

El caldero, antes de su puesta en marcha, deberá someterse a una rigurosa inspección para cerciorarse de que todos los sistemas están debidamente instalados y ensamblados. El operador debería estar en disposición de conocer el tipo de material de las partes críticas de caldero.

La empresa tiene a su cargo a un operador del caldero, que también realizan actividades de mantenimiento sobre los equipos que operan dentro de la empresa, y por ello resultará más sencilla la agilización de revisión de los sistemas e identificación de fallas.

Durante la revisión es importante que los instrumentos del caldero estén adecuadamente instalados de acuerdo a los niveles de medida. Por ejemplo, si la presión de operación nominal de la caldera es de 50 Psi, los indicadores de presión deberán estar dispuestos con márgenes de medición de 0-120 psi.

Se hace la misma recomendación con los instrumentos de temperatura. Es importante conocer la posición de los instrumentos por sus etiquetas respecto a los diaflujos existentes.

En la arrancada, existe una normatividad sobre la acción de las válvulas abiertas o cerradas, que debe aplicarse. Por ejemplo, a la arrancada, las válvulas de combustibles deben estar cerradas, por seguridad.

#### **6.2.1.1 Revisión del caldero antes del encendido**

Antes de poner en servicio un caldero nuevo o que ha estado durante un tiempo considerable fuera de servicio, se debe realizar una completa revisión interna y externa.

Esta revisión se debe hacer por medio de las listas de chequeo u hojas de verificación, para comprobar que todo se encuentra debidamente en orden y dispuesto.

La revisión podrá iniciarse desde la sección aire-gases de combustión o desde la sección agua-vapor. Los instrumentos y equipos de control se podrán revisar de acuerdo a la dirección del flujo del proceso del caldero.

#### **Sección aire-gases**

- El equipo soplador y su equipo motriz, deberán haber sido probados desacoplados, ajustados y acoplados nuevamente, verificando su estado de operación en condiciones críticas y en condiciones normales. Sus equipos auxiliares de enfriamiento y lubricación, deben ser revisados para una operación adecuada y correcta. Sus sistemas de medición también deben ser calibrados y disponibles para hacer control.

- Todos los ductos o pasos de gases y de aire, deben estar libres de cualquier obstrucción y deben estar instalados en forma adecuada, de manera que no tengan obstrucción alguna.
- Las partes internas de la caldera deben estar limpias, libres de obstrucción y en buena condición (estado de la tubería, alineamientos de los internos dentro del tambor de vapor).
- Los quemadores deberán ser cuidadosamente chequeados y probados para la verificación de desgastes, estados de limpieza, posición de acuerdo a las recomendaciones del fabricante y conservar suavidad en sus movimientos de ajuste y regulación. Los alineamientos de fotocélula de señal de llama e inyectores también deberán ser revisados para un alineamiento adecuado.
- Los pasos de los gases calientes y las zonas calientes del caldero deberán tener superficies limpias de materiales extraños, lo mismo que los ductos.
- Buen estado de limpieza de la chimenea debe estar en buen estado de operación.

### **Sección agua - vapor**

- Las empaquetaduras de los tambores de vapor y de lodos, así como (orificios de mano para inspección), deben ser verificados. Deben ser adecuadas y estar en buen estado. Los empaques en la sección de vapor sobrecalentado y de alta presión, deben ser metálicos;



para saturado de baja presión, los empaques deben ser del tipo de asbesto.

- Los tubos de inyección de químicos, deberán chequearse para una correcta posición, de acuerdo al plano de construcción, revisando que sus orificios de salida estén limpios de obstrucción, al igual que los orificios del tubo de la purga continua.
- Los indicadores de nivel de vidrio, la botella de nivel, el sistema de corte de nivel (apagada encendido del caldero) y el controlador, deben estar correctamente dispuestos para su operación. Los indicadores desnivel de vidrio deben estar en lugares que sean visibles por los operadores desde posiciones remotas. Los espejos para observación remota deben estar limpios y con alumbrado.
- La línea de vapor de salida debe tener el sistema de calentamiento listo para ser operado (calentamiento óptimo, junto con su válvula de no-retorno Válvula de bloque de salida del vapor de la caldera).
- Las válvulas de seguridad en el tambor de vapor al igual que las del cabezal de salida y de vapor, deberán cumplir todos los requerimientos de operación (estar calibradas, probadas y con sus componentes completos para la prueba).

Una vez verificados los puntos anteriores, se inicia el arranque de la caldera con las siguientes precauciones:

- Llenar la unidad con agua de alimentación a un nivel ligeramente por debajo del nivel normal. El agua al calentarse crece en su volumen.
- El venteo de vapor (tambor de vapor) en el punto más alto de la caldera, debe estar abierto (se extraerá el aire del caldero).
- Los inyectores de agua deben estar abiertos (se extraerá el agua).

Antes de arrancar el caldero debe asegurarse que el pH del agua dentro de ella sea el mismo del agua que entra.

Para conseguirse éste se debe hacer un relavado, extrayendo agua por un drenaje de fondo. Puede acelerarse el proceso extrayendo por ambos lados.

### **El pH**

El 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 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 hayan sido tratadas químicamente por medio de

procesos tales como el de cal, sosa, etc; el PH nunca tendrá un valor mayor de 9 para el agua de alimentación.

En un caldero el valor de PH se sitúa entre 10.5 y 11; el agua de alimentación entre 8 y 9.

#### **16.2.1.2 Elementos de funcionamiento de un caldero**

Fuego: Debe existir un buen proceso de combustión.

Agua: Deben existir rigurosos controles de su calidad.

Áreas de Intercambio de Calor: Los tubos y superficies de intercambio deben estar en óptimas condiciones de limpieza.

##### **1**

#### **2 Fuego**

El proceso de combustión es de gran importancia en la operación de las calderas, debe ser lo mas optimo 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.

##### **1**

#### **2 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 ( $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$ ), de no llevarse a cabo este tipo de tratamiento, la caldera sufrirá problemas de incrustaciones, sedimentación, desgaste por material particulado, etc.

### **Ablandamiento**

Cuando el agua contiene una cantidad significativa de calcio y magnesio, es llamada agua dura. El agua dura es conocida por taponar las tuberías y complicar la disolución de detergentes en agua.

El ablandamiento del agua es una técnica que sirve para eliminar los iones que hacen a un agua ser dura, en la mayoría de los casos iones de calcio y magnesio.

En algunos casos iones de hierro también causan dureza del agua. Iones de hierro pueden también ser eliminados durante el proceso de ablandamiento.

El mejor camino para ablandar un agua es usar una unidad de ablandamiento de aguas y conectarla directamente con el suministro de agua.

### **Por que realizar el ablandamiento**

El ablandamiento del agua es un proceso muy importante, cuando el agua es dura, puede atascar las tuberías. El ablandamiento del agua puede prevenir estos efectos negativos.

El agua dura causa un alto riesgo de depósitos de cal en los sistemas de agua, debido a la deposición de la cal, las tuberías se bloquean y la eficiencia de las calderas y los tanques se reduce.

Otro efecto negativo de la precipitación de la cal es que tiene un efecto dañino en las maquinarias.

El ablandamiento del agua significa aumentar la vida media de las maquinarias, y aumentar la vida de las tuberías, incluso contribuye a incrementar el trabajo

### **Superficie de intercambio de calor**

La tubería por la que circulan los gases en las calderas pirotubulares 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.

## **6.3 MANTENIMIENTO EN CALDEROS**

Desarrollar un programa de mantenimiento preventivo permitirá que el caldero funcione con un mínimo de paradas en producción, minimiza costos de operación y permite un seguro funcionamiento.

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

Los operarios tienen ciertas rutinas o reglas generales a seguir diarias, semanales, mensuales, semestrales y anuales, éstas instrucciones están detalladas por el fabricante de la caldera dependiendo el tipo de caldero.

Algunos de estos procedimientos se los tiene que realizar en el momento que el caldero esta en operación, mientras que las otras en necesario sacarlas fuera de servicio y dejar que se enfríen en un tiempo de 24 horas en el caso de que se diera una limpieza de los tubos de fuego; y de 72 horas para la revisión total y cambio de tubos de fuego.

El mantenimiento diario incluye comprobar la operación del equipo de encendido y otros equipos, como quemadores, tuberías, dispositivos de control de llama, bombas, depósitos de combustible y operación del quemador en lo que respecta a relaciones aire-combustible, implicando una combustión adecuada.

El mantenimiento del nivel de agua comprende la comprobación de columnas de agua, conexiones del nivel de vidrio y soplado de la columna para estar seguro de que las lecturas del nivel sean las correctas.

## **PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL MANTENIMIENTO DEL CALDERO**

### **1Mantenimiento diario:**

Se tiene que realizarlos una vez al día en el momento que el caldero esta en operación y dichos procedimientos son:

1. Revisión de los sistemas de seguridad.
2. Ciclo de funcionamiento del quemador.
3. Control de la bomba de alimentación.
4. Ubicación de todos los protectores de seguridad.
5. Purga diaria lateral y de fondo de 8 y 12 segundos respectivamente.
6. Procedimiento en caso de falla de suministros.
7. Verificación de la temperatura de agua de alimentación.
8. Precauciones al dejar el caldero fuera de servicio, en las noches o fines de semana.
9. Verificación del tanque de combustible.
10. Verificación de existencia de fugas.

11. Verificación de presión, producción de vapor.
12. Tratamiento de agua para el caldero diario (de emersol un litro diario) en el tanque de alimentación, esto evitará incrustaciones y corrosión en los tubos de agua.

#### **Mantenimiento semanal:**

Se tiene que realizarlos una vez a la semana, además de los diarios y dichos procedimientos son:

1. Limpieza del electrodo de cualquier depósito de carbón.
2. Si existe un tratamiento de agua verifique que sea el recomendado.
3. Limpieza de la unidad, para evitar que las partes se acumulen de polvo y aceite.
4. Engrasar motores.

#### **1Mantenimiento mensual**

Se tiene que realizarlos una vez al mes, además de las semanales y diarias, dichos procedimientos son:

1. Limpieza de polvo en controles eléctricos y revisión de contactos.
2. Limpieza de filtros de las líneas de combustible, aire y vapor.
3. Mantenimiento a todo el sistema de agua: filtros, tanques, válvulas, bomba, etc.
4. Limpieza de las boquillas de combustible.
5. Desmonte y limpieza del sistema de combustión.
6. Verificar estado de la cámara de combustión y otros.
7. Verificar estado de trampas de vapor si lo tuviera.
8. Limpieza cuidadosa de columna de agua el tubo de cristal.
9. Verificar acoples y motores.
10. Verificar asientos de válvulas y grifos.
11. Verificar bloqueos de protección en el programador en el tablero de control.
12. Limpieza de la boquilla de pulverización de diesel de combustible.

13. Dependiendo del combustible incluir limpieza del sistema de circulación de gases.
14. Verificaron el estado de las tuberías de vapor.
15. Verificar si existe roturas en los aislamientos de las tuberías de vapor.
16. Abra e inspeccione el flotador de nivel (Mcdonnell).

### **Mantenimiento trimestral**

Se tiene que realizarlos una vez cada tres meses, además de las mensuales, semanales y diarias, dichos procedimientos son:

1. Tipo de frecuencia de lubricación de suministro de motores y rodamientos.
2. Limpieza de la boquilla del quemador y del electrodo de encendido (si es posible).

### **Mantenimiento semestral**

Se tiene que realizarlos una vez cada seis meses, además de las trimestrales, mensuales, semanales y diarias, dichos procedimientos son:

1. Lavado interior al lado del agua, removiendo incrustaciones y sedimentos.
2. Verificar si hay indicios de corrosión, picadura o incrustación al lado del agua. Análisis periódico del agua.
3. Utilizar empaques nuevos en tapas de inspección de camisa del caldero por fuera.
4. Limpiar los tubos del lado de fuego y tubo central, pues el hollín es un aislante térmico.
5. Inspección del filtro de combustible.
6. Verificar hermeticidad de las tapas de inspección al llenar el caldero.
7. Verificar el funcionamiento de las válvulas de seguridad o de venteo.



## **1Mantenimiento anual**

Se incluye todo el mantenimiento anteriormente ya mencionado, adicionando:

1. Cambio de empaques de la bomba de alimentación si es necesario.
2. Mantenimiento de motores en un taller especializado. Desarme total con limpieza y prueba de aislamientos y bobinas.
3. De acuerdo a un análisis del agua y las condiciones superficiales internas del caldero, se determina si es necesario realizar una limpieza química del caldero.
4. Inspección del motor del quemador.
5. Revisión y control del tablero eléctrico.

El mantenimiento general incluye observar las fugas de vapor, agua y combustible y repararlas tan pronto como se tenga constancia de ello. La estanqueidad de las conexiones que pertenecen a partes bajo presión o líneas de combustible, válvulas y conexiones similares, incluyendo el control de los aparatos, debería ser parte de este trabajo rutinario. El correcto funcionamiento de manómetros, controles e instrumentos debe observarse en todo momento para evitar cualquier desperfecto.

Compruebe que todos los equipos estén en un buen estado de funcionamiento las muestras de agua de caldera y agua de alimentación según las directrices o líneas maestras de programa de tratamiento de agua, para comprobar que están siguiéndose en la alimentación del agua de caldera Limpiar el lado de fuego del hogar utilizando los sopladores de hollín.

En algunas plantas, las lecturas semanales o mensuales se toman para comprobar el rendimiento del caldero, así como la cantidad de combustible quemado (poder calorífico); y ésta se compara con los BTU (kcal) de salida para el proceso en ese período.

### **6.3.1 Limpieza de superficies de transferencia de calor**

Sin duda, uno de los problemas más serios encontrados en los sistemas de generación de vapor es la formación de incrustaciones y depósitos en las superficies calientes de los calderos y de los equipos anexos en los cuales aparecen fenómenos más o menos severos de incrustaciones y sedimentos, tales como supercalentadores, economizadores, desgasificadores, equipos propios del agua de alimentación, válvulas, tuberías, etc.

#### **6.3.1.1 Limpieza del caldero lado agua**

La limpieza en calderos puede ser realizada por:

- ✓ Un método mecánico, usando generalmente pistones rotativos con agua a alta presión.
- ✓ Un método químico, usando sustancias acidas y alcalinas.
- ✓ Una combinación de los métodos mecánico y químico.

#### **Cuidados**

Los cuidados que se deben tener es de mucha importancia; el descuido del mantenimiento en el lado de agua trae como consecuencia la formación de incrustaciones, lodos, picaduras, corrosión, espuma, arrastre de humedad y burbujas en el nivel de agua.

Le recordamos que es muy 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 del caldero.

Los consultores en tratamientos de agua analizarán el agua de suministro del caldero y recomendarán el tratamiento adecuado basado en el análisis y la cantidad de agua cruda que usarán,

también deberán recomendar el procedimiento y frecuencia de purgas para reducir la concentración de sales y lodos dentro del caldero.

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.

La selección del método más adecuado, estará en función de:

- o Tipo de depósito o de suciedad.
- o Costo.
- o Seguridad operacional.
- o Corrosión.
- o Disponibilidad de equipos.
- o Evacuación de materiales.

El método mecánico es el procedimiento más antiguo y el que menos peligro relativo presenta para el personal operativo y equipo.

### **Incrustaciones**

Los cuidados que se debe tener para que no existan incrustaciones son muy importantes.

Al existir incrustaciones éstas actúan 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 los mismos y otros problemas asociados en recipiente a presión.

Cuando se esté realizando un mantenimiento del caldero 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 verifique la porción trasera o la zona más caliente de la caldera, ya que ésta es el área más susceptible a la formación de incrustaciones.

La formación de incrustaciones dentro de cualquier caldero 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.

### **Control de nivel**

Los controles de nivel de agua de este tipo tienen en su interior una boya, la cuál se desplazará en respuesta al aumento o disminución del nivel de agua. Básicamente son de dos tipos:

De accionamiento mecánico y de accionamiento magnético,

- a) De accionamiento Mecánico.- Conocidos en nuestro medio como Mcdonnell, por ser la marca más conocida de estos instrumentos. Este control de nivel de agua permite el cambio de la posición de dos interruptores de mercurio, los cuales accionan o apagan la

bomba de alimentación de agua y encienden o interrumpen la operación del quemador.

Adicionalmente pueden actuar sobre una alarma que indique al operador un bajo nivel de agua.

La operación de este control es como sigue:

Cuando la caldera se encuentra vacía, el bulbo de mercurio más exterior (de dos contactos) actuará como paso de corriente para el accionamiento de un contactor que pone en funcionamiento la bomba de alimentación de agua mostrada en la Fig. 7.

Este al igual que el otro bulbo son pivoteados aproximadamente al centro, cuando la boya mediante una barra de accionamiento presiona el diafragma sobre el cuál se encuentran montados los bulbos, estos cambiarán su posición; el mercurio líquido se desplaza gradualmente dentro del bulbo hasta desconectar el contacto que acciona la bomba de agua, produciéndose de esta manera el corte de alimentación de agua.

Paralelamente a la acción anterior, un segundo bulbo, estará en posición de apagado para el quemador y encendido para el sistema de alarma si se lo utiliza.

Con el continuo aumento del nivel de agua, cambiará su posición hasta dejar libre los accionamientos del quemador.

En forma similar al control de nivel de agua por electrodos sumergidos, existe un punto donde la operación del quemador es permitida mientras la bomba está en operación.

Esto se logra mediante una ubicación diferente del punto de pivote de cada uno de los bulbos.

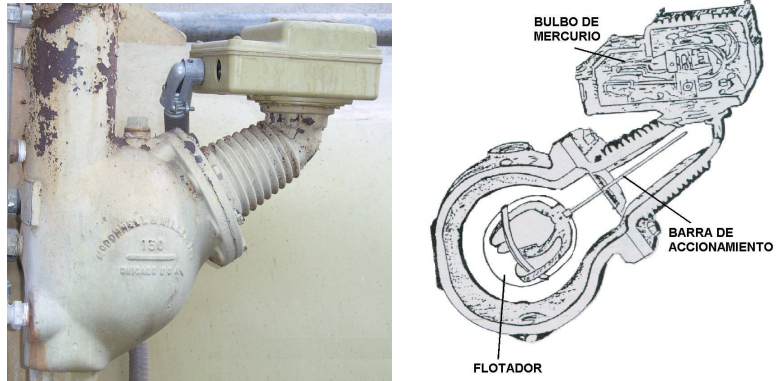


Fig. 12 Control de nivel de agua

Fuente: LACTEOS DE MARCO`S

El control de nivel de agua tiene la necesidad de ser inspeccionado periódicamente 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 del caldero.

El indicador del nivel de agua debe purgarse rutinariamente, eliminando de esta manera los lodos que se pudieron haber acumulado durante la operación del caldero (Figura 12). Inspeccione muestras de agua del caldero y condensación de acuerdo con los procedimientos recomendados por su consultor de agua.

En vista que el fabricante 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.

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.

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 un caldero 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.

### **El tubo de cristal**

El tubo de cristal también deben ser inspeccionado periódicamente; el cristal de nivel del caldero a menudo están cubiertos de polvo u otros materiales que opacan el visor dando una lectura errada de nivel. Se lo puede limpiar rápidamente sin tener que desmontarlos de la columna de nivel, llene un vaso con amoníaco de uso casero y preceda a limpiarlo con un paño.

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 salga de amoníaco en burbujas; cierre la válvula.

El vapor que hay en el visor se condensará y creará un ligero vacío, éste 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.

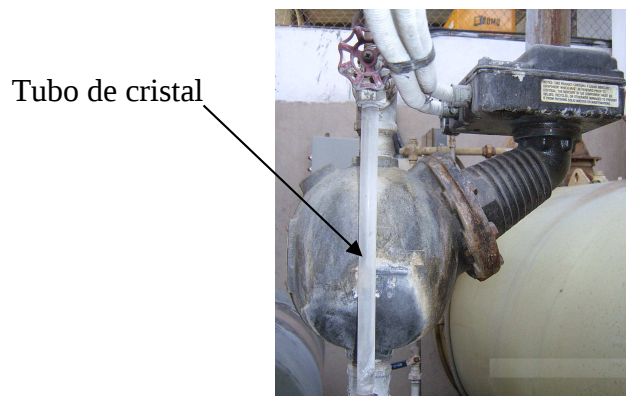


Fig. 13 El tubo de cristal

Fuente: LACTEOS DE MARCO`S



b) De accionamiento magnético.- El principio de operación de este control involucra tres factores:

1. Un imán permanente,
2. Su fuerza del campo magnético y
3. Un pistón de acero inoxidable (montado sobre el mecanismo de flotador de boya), el cuál se mueve libremente dentro de un tubo no magnético.

#### **6.3.1.2 Limpieza del caldero lado fuego**

Las temperaturas del caldero y del gas de combustión en el precalentador de aire, y las caídas de presión en el lado gas combustible, medidas durante el período de operación de la unidad, indicarán el grado de ensuciamiento que no ha sido removido por una operación normal de los sopladores de hollín y se han ido acumulando, y dará una idea del lugar donde la acumulación esta ocurriendo.

Posteriormente toda la unidad deberá ser inspeccionada con los siguientes objetivos:

- Para detectar una posible señal de sobrecalentamiento de los tubos.
- Para descubrir una posible señal de erosión o corrosión.

La inspecciona los tubos para localizar acumulaciones de hollín; el hollín disminuye la transferencia del calor y baja la eficiencia de la caldera.

La presencia de una gran cantidad de hollín en periodos relativamente cortos, puede ser debido a un exceso de

combustible y una pobre alimentación de aire, entonces la relación aire combustible debe ser ajustada.

El período de limpieza de los tubos varía con el tipo de combustible utilizado y el tipo de quemador. Algunas instrucciones de operación recomiendan limpiarlos 2 veces por año.

Actualmente una unidad con un buen diseño y bien calibrada, necesita solamente una limpieza de tubos al año.

Para ahorrar tiempo en inspecciones, instale un termómetro en la salida de los gases de la caldera. Si la temperatura de los gases aumenta arriba de lo normal, significa que los tubos están sucios y necesitan una limpieza.

Si la temperatura de los gases de la combustión es mayor a la normal, significa que los tubos están sucios, hay que limpiarlos.

La limpieza de economizadores y precalentadores se realiza con agua alcalina, en forma continua y con suficiente flujo, hasta cuando el pH del agua efluente sea aproximadamente igual al pH del agua de suministro.

### **6.3.1.3 Limpieza química**

Entre los factores más importantes que deben ser considerados en la limpieza química son: tiempo, temperatura, concentración y circulación.

#### **a) Limpieza química alcalina**

Esta limpieza se la utiliza con los siguientes objetivos:

En calderos nuevos, para remover las grasas, aceites o barnices, los cuales han sido aplicados para preservar el metal durante el tiempo de transporte y montaje, además de los depósitos poco adherentes de óxido de hierro. Esta limpieza toma el nombre de "boil-out".

En calderos usados, facilita la limpieza ácida posterior, acondicionando los depósitos existentes, tornándolos porosos y carbonatados, por medio de la impregnación con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

Para la operación de boil-out se debe formular una solución que provea de un gran poder detergente, emulsificante y dispersante sobre los aceites y grasas que se encuentran en los nuevos calderos. Con calderos que han estado en operación, el boil-out deberá ejercer el mismo efecto sobre el aceite presente por contaminación del agua de alimentación.

Para el boil-out, una de las combinaciones de químicos inorgánicos que se usan con buenos resultados incluye: 3 libras de sosa cáustica, 3 libras de fosfato monoácido de sodio y 1 libra de nitrato de sodio por cada 1000 libras de agua que se requieren para llenar el caldero a nivel operacional.

Debido a la elevada alcalinidad que se desarrolla en el boil out, el nitrato de sodio se incluye en la formulación para proteger al metal de un ablandamiento cáustico.

Previo al boil-out del caldero, es conveniente reemplazar o bloquear los instrumentos o accesorios que pueden ser atacados por la solución. Luego de la adición de la solución

para el boil-out, se deben cerrar todos los accesos al interior del caldero y abrir los venteos.

El caldero debe ser arrancado con un calentamiento lento, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante. Cuando el vapor comience a escaparse por los venteos, todos los venteos deben ser cerrados, excepto los indicados por el fabricante. La presión es llevada a 25 psi y se la mantiene por aproximadamente 48 horas.

El caldero debe ser purgado por el fondo, controlando que su nivel no sea inferior al nivel de disparo o al 30% de nivel del domo. Luego de cada purga se debe reponer el nivel normal de agua del caldero.

Luego de completar el boil-out, la unidad deberá ser enfriada lentamente y drenada bruscamente. Si luego de una inspección, persiste algún remanente de aceite, la operación debe ser repetida. El objetivo primario del boil-out no es la remoción de incrustaciones, para este efecto lo más indicado es la limpieza ácida.

Las sustancias más usadas en la limpieza química alcalina son: sosa cáustica, carbonato de sodio, fosfatos, dispersantes tensoactivos de baja formación de espuma, y complejantes como la sal tetrasódica de ácido etileno-diamino-tetra-acético y gluco-nato de sodio.

#### **b) Limpieza ácida inhibida**

La limpieza química ácida tiene como objetivo la remoción de depósitos que no pueden ser retirados por la limpieza alcalina. Dependiendo de la naturaleza química del depósito,

son utilizados diferentes ácidos inorgánicos u orgánicos. Los ácidos usados para remover los depósitos más frecuentes son:

<b>Substancias</b>	<b>Depósito removido</b>
Acido clorhídrico	Carbonato de calcio y óxidos de hierro.
Acido sulfámico	Carbonato de calcio y óxido de hierro.
Acido fluorhídrico	Si licatos y sílice.
Acido cítrico	Óxido de hierro.

Como los ácidos, además de remover los depósitos, corroen los varios tipos de acero usados en calderos, se acostumbra adicionar a las soluciones acidas inhibidores de corrosión. Por ejemplo, en el caso del ácido clorhídrico o muriático, se usa como inhibidor de corrosión la dietil tioúrea.

Las condiciones operacionales más usuales en limpieza química ácida, cuando se usa ácido clorhídrico, HCl, o ácido sulfámico,  $\text{NH}_2\text{HSO}_3$ , se representan a continuación:

<b>Substancia</b>	<b>Concentración (peso/volumen)</b>	<b>Temp. (°C)</b>	<b>Tiempo (hr)</b>
HCl	5%	60	72
$\text{NH}_2\text{HSO}_3$	3 – 5 %	60	72

Evidentemente que en razón de la cantidad de incrustación, el tiempo puede ser mayor o menor a las 72 horas. Luego de la limpieza química acida se recomienda una neutralización con hidróxido de sodio. Con esta neutralización se puede conseguir también una pasivación del metal limpio.

#### **6.3.1.4 Ventajas del lavado químico**

Las ventajas que se pueden obtener con el tipo de lavado son:

- o El tiempo que permanece parada la caldera es corto; normalmente una caldera puede limpiarse en más o menos 72 horas, incluyendo la limpieza tubo a tubo desde el tambor de vapor.
- o La unidad no requiere demasiado desmantelamiento. Los químicos pueden introducirse y descargarse a través de las conexiones existentes.
- o El costo total de la limpieza es bajo, comparado con los ahorros de energía, además se está evitando los riesgos de daño.
- o Las áreas inaccesibles y los tubos curvados pueden limpiarse fácilmente.

#### **6.3.1.5 Procedimiento general**

Para el lavado químico completo de un caldero se requieren cuatro etapas:

1. Aplicar la solución química (el ácido, su inhibidor respectivo y otros) a la caldera y calentar a las condiciones especificadas.
2. Limpiar con agua luego de la limpieza para eliminar impurezas y depósitos adheridos en la superficie del metal.
3. Hacer la neutralización del ácido con soda y disolver los compuestos no atacados por el ácido, manteniendo las condiciones de operación especificadas.

4. Revisión de los internos para determinar la calidad de la limpieza. Se destapan los orificios de acceso y se lavan nuevamente con agua tubo a tubo.

#### **6.3.1.6 Coordinación para la limpieza**

Se requiere realizar una muy bien coordinación y planificación de la limpieza química del caldero, ya que durante la ejecución de la misma se pueden ocasionar daños catastróficos a todo el equipo térmico, con pérdidas impredecibles. Este trabajo debe realizarse con la presencia de un asesor en esta clase de trabajos.

La coordinación y planificación del procedimiento específico de la limpieza, también podría ser controlada y ejecutada por la compañía que suministra los productos o por los fabricantes del equipo térmico. Esta planificación comienza desde los planes del muestreo de los depósitos en el caldero, su análisis y lectura de resultados para definir la clase de limpieza química (el ácido adecuado) y la recomendación sobre las concentraciones de los químicos a utilizar.

La clase de limpieza química debe definirse tras un previo análisis cuantitativo y cualitativo de los depósitos, las solubilidades en diferentes solventes y a diferentes rangos de temperatura y las concentraciones del solvente.

También debe programarse con el laboratorio de análisis para las muestras de la limpieza ácida, la interpretación de resultados y la toma de decisiones, así como lo relativo a la neutralización; finalmente se efectuará la evaluación del proceso, el análisis de resultados y el registro de la información de la evaluación final del procedimiento.

## 6.4 LIMPIEZA Y REPARACIÓN

### 6.4.1 Tanque de combustible

Cuando los tanques de combustible se encuentran en operación normal, es necesario drenar periódicamente el agua existente en el fondo por acumulación de las trazas que vienen normalmente en el combustible.

Además, es importante mantener el venteo del tanque perfectamente limpio y abierto, especialmente en los tanques que almacenan combustibles calientes, con el objeto de que puedan evacuarse los vapores de agua y componentes ligeros de los combustibles líquidos que se desprenden al mantener calientes los mismos.

El drenaje del agua existente en el fondo del tanque que almacena un combustible caliente evitará que se produzca una evaporación brusca de esta agua (flash) y los consecuentes daños mecánicos del tanque.

La limpieza y su inspección periódica del venteo asegurará que no existan colapsamientos o pandeos estructurales del tanque por cambios de temperatura o de nivel del combustible.

Para prevenir accidentes en la realización de labores de limpieza de tanques que almacenan derivados de petróleo, es importante tener en cuenta los siguientes riesgos:

- Explosión o incendios.
- Toxicidad (plomo, H<sub>2</sub>S)
- Presencia de gases combustibles.
- Riesgos físicos:
  - No usar equipos de protección personal adecuado.
  - Descarga de vapor-aire o productos de petróleo dentro del tanque.
  - Objetos arrojados o caídos de la parte superior del tanque.



- Caídas de escaleras fijas o de mano.
- Tropiezos en mangueras u otros objetos.
- Deslizamiento en el piso.

En el proceso de limpieza de tanques es necesario observar las siguientes etapas:

- a) Inspección externa del tanque e inspección de los equipos a utilizarse.
- b) Control de las fuentes que pueden originar combustión.
- c) Vaciado del tanque.
- d) Extracción de los gases.
- e) Pruebas de explosividad y gases tóxicos.
- f) Apertura del tanque, extracción y eliminación de residuos.

Previamente a las actividades de limpieza, se debe establecer el tiempo de servicio del tanque desde la última limpieza, cantidad aproximada de producto, sedimentos existentes y tiempo en que el tanque estará fuera de servicio (NORMA PETROECUADOR SI-016: Procedimientos de Seguridad Industrial para efectuar limpieza de tanques).

### **Filtros**

Los filtros de combustibles derivados de petróleo, se deben mantener limpios permanentemente. El grado de limpieza o ensuciamiento del filtro se determina midiendo la caída de presión entre la entrada y salida del mismo.

La máxima caída de presión permisible para sacar de servicio un filtro estará determinado en el "dato de placa del filtro" y/o la presión operacional necesaria en su descarga.

Para evitar emergencias operacionales o paros imprevistos de los calderos, se debe mantener un filtro adicional de relevo. Al hacer el cambio de filtro se mantendrá al filtro que va a entrar en servicio previamente limpio e inicialmente se lo despojará del aire y se lo probará por un suficiente tiempo antes de ser alineado.

### **Atomizadores**

Tanto al quemador y, especialmente, a su boquilla atomizadora es necesario conservarlos limpios para que no exista una combustión deficiente y mantener el mejor contacto entre el combustible y el aire en el quemado.

De acuerdo al combustible, al tipo de boquilla y a la experiencia, se diseñará la frecuencia de limpieza del quemador.

En general, la limpieza se la puede realizar mecánicamente o utilizando un solvente apropiado y si es necesario con ayuda de un producto desengrasante o descarbonatizante, y posteriormente un soplado con vapor.

## **6.4.2 Suministro de agua al caldero**

### **Nivel de agua**

El suministro de agua al caldero se realiza con una bomba de agua de alimentación, y su flujo se regula automáticamente de manera que la cantidad que ingresa al caldero sea igual a la cantidad de vapor producido más el flujo de agua de purga. Para esto, el sistema de alimentación de agua debe estar provisto de un control de flujo para mantener un nivel de agua en el interior del caldero.

La presión de diseño de la bomba de agua de alimentación será ligeramente superior a la máxima presión de vapor que podría alcanzar el caldero en condiciones extremas, en otras palabras, será superior a la

presión de relevo de las válvulas de seguridad y del disparo automático del caldero por alta presión de vapor.

Una de las condiciones imprescindibles en la operación ideal de calderos, es mantener en forma constante el nivel de agua durante los períodos de arranque, producción de vapor y parada hasta cuando el caldero se enfríe.

Con el nivel de agua en el caldero se debe garantizar la protección de las superficies de transferencia de calor, tanto en calderas acuotubulares como en las piro tubulares.

Para facilitar la visibilidad de los visores (McDonnell) de nivel de agua en el caldero, se los debe instalar en lugares adecuados. De igual manera se recomienda mantener en los visores de superficie la suficiente iluminación.

### **Temperatura**

Para producir vapor económicamente, se necesita utilizar la máxima cantidad de calor que pueda obtenerse a partir de un combustible. El calor que podría perderse en el vapor por venteos, en el vapor exhausto o en los gases de la combustión que se pierden por las chimeneas, se aprovecha para calentar el agua de alimentación de las calderas.

El calentamiento del agua de alimentación a las calderas ofrece las siguientes ventajas:

- o Reduce las tensiones de las planchas y tubos de los calderos debido al menor choque térmico.
- o Mayor utilización del calor del fluido de calentamiento, que de otro modo se perdería.

- o Purificación parcial del agua no tratada, por ejemplo con el uso de desgasificadores con vapor.
- o Incremento en el rendimiento del caldero.

La economía debido al calentamiento del agua de alimentación se manifiesta en la disminución del consumo de combustible y en el aumento del rendimiento total de la instalación.

La cantidad de combustible ahorrado en una caldera en la cual se utilizan las pérdidas de calor para calentar el agua de alimentación depende de las temperaturas inicial y final del agua de alimentación y del calor contenido en el vapor producido. La economía conseguida varía dependiendo de las condiciones de trabajo de la instalación.

El porcentaje de energía ahorrado al calentar el agua de alimentación aprovechando la energía calórica del vapor o de los gases de combustión que se perdería, se puede calcular de la siguiente manera:

$$S = \frac{h_2 - h_1}{h_v - h_1} * 100$$

Donde:

S = Porcentaje de energía ahorrada.

$h_v$  = Entalpia total del vapor de la caldera en Kcal por Kg .

$h_2$  = Entalpia final del agua de alimentación en Kcal por Kg.

$h_1$  = Entalpia inicial del agua de alimentación en Kcal por Kg.

### **Tratamiento de agua**

Un caldero puede ser aprovechado eficientemente solamente si se da una apropiada atención al tratamiento del agua.

Un caldero no cumplirá con su función en la planta industrial si en las superficies de transferencia de calor existen depósitos o incrustaciones y se permite la presencia de elementos corrosivos.

El tratamiento de agua puede incluir el acondicionamiento de:

1. Agua cruda.
2. Condensados del vapor.
3. Agua del caldero.

Un apropiado acondicionamiento se obtendrá cuando:

1. Se evite la formación de depósitos en las superficies internas.
2. Se controle la corrosión en las superficies internas.
3. No exista la formación de espuma y el arrastre con el vapor de los sólidos presentes en el agua del caldero.

El vapor que se condensa y retorna al sistema del caldero se llama "condensado". Las pérdidas de vapor en los procesos, en purgas o venteos son reemplazadas. Esta agua reemplazada y añadida al caldero se le llama "agua de reposición".

El total del flujo de condensado y agua de reposición es el agua de alimentación al caldero. En algunas plantas sólo un pequeño porcentaje de condensado retorna al caldero; en otras, todo el vapor generado es recuperado como condensado.

El agua de alimentación en el caldero se evapora y los sólidos se concentran en el interior del mismo. Si la concentración de estos sólidos excede ciertos límites, la calidad del vapor se verá afectada por arrastre de los mismos.

Además, los sólidos presentes en el agua del caldero pueden adherirse a las superficies internas como depósitos o lodos.

La concentración de sólidos en el agua del caldero puede ser controlada por remoción de una parte de ella en forma continua o en forma intermitente; esta remoción del agua del caldero desde el domo se lo llama purga.

Para poder evitar incrustaciones, el procedimiento básico usado en la industria consiste en eliminar o inactivar la dureza o sales de calcio y magnesio que tenderían a producir dichas incrustaciones.



Fig. 14 Alimentador de agua

Fuente: LACTEOS DE MARCO`S

## 6.5 PURGAS

El caldero recibe el agua de alimentación, que está constituida por una proporción variable de agua condensada recuperada, denominada "agua de retorno" y de agua nueva, más o menos depurada, llamada "agua de reposición". El agua de alimentación se transforma en vapor que se escapa de la zona de vaporización hacia el exterior. Se puede considerar que este vapor está constituido por moléculas de agua pura.

En realidad contiene con mucha frecuencia gotitas de agua y gases, especialmente gas carbónico debido a la descomposición de los carbonates, y a presiones elevadas, transporta sales volatilizadas por arrastre en el vapor, cloruros y sílice, por ejemplo.

El agua que se mantiene líquida en la parte interior de la caldera, se concentra de todas las sustancias extrañas que contenía el agua que ha sido vaporizada (a excepción de las que han sido arrastradas con el vapor).

Las impurezas se concentran, por lo tanto, cada vez más en la fase líquida, si no se efectúa una desconcentración sistemática, denominada "PURGA", vertiendo al drenaje una parte del agua de la caldera.

Es necesario tener siempre presente este esquema si se desea interpretar correctamente las reglas relativas a la depuración y las purgas que deben efectuarse en una caldera.

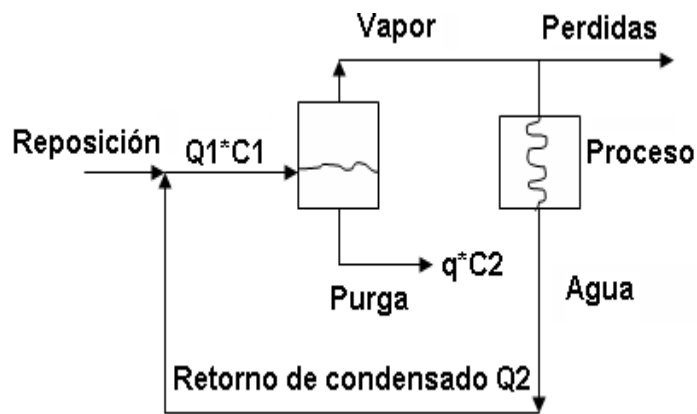


Fig. 15

Ciclo del

agua en un sistema de generación de vapor

Fuente: Operación de Calderas Industriales

Si una caldera trabaja en régimen continuo, y si para simplificar la explicación, admitimos que la salinidad que se arrastra con el vapor es depreciable, se alcanzará el equilibrio estable cuando el peso de las sales extraídas con las purgas sea igual al peso de las sales introducidas con el agua

de reposición (puesto que el agua condensada de retorno se supone pura), se tendrá por lo tanto en el equilibrio:

$$Q_1 * C_1 = q * C_2$$

En donde:

$Q_1$  = Caudal de agua de reposición.

$q$  = Caudal de agua de purga.

$C_1$  = Concentración de sales en la reposición.

$C_2$  = Concentración en la caldera.

$$C_2 = C_1 * \frac{Q_1}{q}$$

La concentración de sales del agua de reposición se multiplica en la caldera por la relación entre el caudal de reposición y el caudal de purgas.

Si no existe recirculación de condensado, y si se produce T toneladas por hora de vapor,  $Q_1 = T + q$ , y el factor de concentración se expresará entonces por:

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{T + q}{q}$$

En la práctica, el porcentaje admisible de purgas en una instalación dada, viene limitada estrictamente por consideraciones económicas de explotación y de inversión. Tratando de obtener un ahorro de energía, se tiende a reducir este porcentaje a unos valores cada vez más bajos.

La purga del caldero, usualmente está expresada en porcentaje y se define así:

$$\% \text{ purga} = \frac{\text{Cantidad ... de ... agua ... de ... purga}}{\text{Cantidad ... de ... agua ... de ... a limentación}} * 100$$



Una purga del 5% significa que el 5% del agua de alimentación es removida por la purga. El porcentaje de purga normalmente se determina con el análisis de cloruros.

En condiciones normales, la razón para la purga es bajar el contenido de sólidos suspendidos y disueltos en el agua de la caldera.

Excesivas cantidades de sólidos suspendidos causarán depósitos y lodos, y puede alterar la tensión superficial del agua del caldero. Este efecto puede ser muy severo y causar arrastre en ausencia de agentes antiespumantes.

La American Boiler Manufacturer's Association en sus normas de garantía de pureza del vapor, indica los siguientes límites de contenido de sólidos en el agua de la caldera:

Presión de Operación (psi)	Total de sólidos (ppm)	Sólidos suspendidos (ppm)
0 – 300	3500	300
301 -450	3000	250
451 – 600	2500	150
601 – 750	2000	100
751 -900	1500	60
9001 – 1000	1250	40
1001 – 1500	1000	20
1501 – 2000	750	10
Mayor que 2000	500	5

## Tabla.2 Contenido de sólidos en el agua del caldero

Fuente: Operación de Calderas Industriales

El contenido de sólidos totales del agua del caldero, sin embargo, es solamente uno de los factores controlado por la purga.

En muchos casos, especialmente en calderos que operan sobre las 600 psi, la purga limita el contenido de sílice del agua de la caldera de acuerdo al contenido límite aceptable de sílice que puede ser arrastrado con el vapor, lo cual no es un problema en calderos menores a 400 psi.

A más de la sílice, existen otros factores químicos que determinan el porcentaje de purga como son la alcalinidad y los sólidos suspendidos. Estos factores son controlados para producir un vapor puro y mantener limpias las superficies de transferencia de calor.

Adicionalmente a mantener un balance químico en el agua de la caldera, en la operación de purga del caldero existen muchos factores mecánicos como el diseño de la caldera, capacidad de flujo de producción, nivel de agua y características de la carga (ya sean variaciones relativamente constantes de carga y nivel o variaciones bruscas de los mismos).

### **6.5.1 Tipos de purga**

Existen dos tipos principales de purga del agua de caldera, purga manual intermitente y purga continua.

- a) La purga manual o purga de lodos, es necesaria para controlar puntualmente la concentración de sólidos en el agua de la caldera o

cuando la purga continua no ha sido instalada. Esta purga es usualmente localizada en la parte baja de la caldera de tal manera que a más de bajar la concentración de los sólidos disueltos del agua de la caldera, también remueve una porción de lodos, los cuales se concentran en la parte inferior de la misma.

Cuando además existe una purga continua, la función principal de la purga manual es remover los sólidos suspendidos o lodos que se acumulan en el fondo.

En muchos casos es necesario realizar dos o más purgas de lodos por día, con el objeto de tener una apropiada remoción de éstos. Sin embargo, en los casos en los que el agua de alimentación es excepcionalmente pura, como agua producida en evaporadores o con un alto porcentaje de retorno de condensado, la purga puede ser usada con menor frecuencia.

Cuando no existe instalada la purga continua, es necesario usar la purga manual para el control de concentraciones del agua de la caldera. En la práctica, la válvula de purga de fondo es abierta periódicamente de acuerdo con el programa de operación y/o el control de los análisis químicos.

- b)** La purga continua, implica una remoción continua de agua concentrada de la caldera. Este tipo de purga ofrece muchas ventajas comparado con la purga manual.

La purga continua permite mantener bajo control permanente las concentraciones del agua de la caldera. La purga continua en muchos casos puede permitir un ahorro de energía con la instalación de equipos para recuperar su calor, cuando la presión del vapor es baja o

cuando su calor se pueda aprovechar en un precalentamiento del agua de alimentación.

Sin embargo, el cálculo del flujo de purga en base a la conductividad específica del agua de alimentación y agua de purga no es técnicamente correcta.

No sólo que la conductividad específica será afectada por las pérdidas del CO<sub>2</sub> con el vapor y los sólidos introducidos en el tratamiento químico interno, sino que no puede compararse directamente la conductividad específica de una solución diluida como es la del agua de alimentación con la solución concentrada del agua de la caldera. La conductividad específica de una muestra es causada por la ionización de varias sales presentes en la muestra.

**c)** 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 del caldero es aconsejable realizarlo diariamente en un tiempo de 12 segundos para un buen desalojo de lodos en la misma.

**d)** Purga lateral, desaloja los lodos que circulan en el agua, las espumas y las grasas, también es recomendable realizarlo diariamente en un tiempo de 8 segundos.

### **6.5.2 Control de la purga**

Con el propósito de mantener un flujo de purga económico, es esencial realizar un adecuado análisis del agua del caldero y un constante chequeo de sus concentraciones.

El control de la purga del caldero está usualmente basado en la determinación del contenido de sólidos totales, sólidos disueltos,

cloruros, sulfates, contenido de sílice o alcalinidad o una combinación de estos análisis.

La determinación del contenido de sólidos totales provee un excelente control sobre la purga. Puede ser un punto de referencia cuando no se dispone de otros análisis que requieren de más tiempo y no son de rutina. Existen también objeciones para el cálculo del flujo de purga en función del contenido de sólidos totales.

Una comparación del contenido de sólidos totales del agua de la caldera con el contenido de sólidos totales del agua de alimentación no será una medida exacta de la concentración de los mismos en la caldera, ya que por ejemplo, los carbonates y bicarbonatos liberan CO<sub>2</sub>, etc.

La determinación de sólidos disueltos mediante la conductividad específica del agua de la caldera puede ser aplicada al control de purga. En soluciones diluidas, la ionización se incrementa y son mayores los resultados de la conductividad específica.

En soluciones más concentradas, existe menor ionización y la conductividad específica decrece debido a las sales presentes.

Este efecto hace que se use un factor; en soluciones muy diluidas como condensados, el factor será de 0.5 a 0.6 ppm de sólidos disueltos por micromho de conductividad específica.

En soluciones más concentradas como el agua del caldero, este factor variará de 0.55 a 0.9 ppm de sólidos disueltos por micromho de conductividad específica.

En ciertas circunstancias el contenido de sulfato, sílice y alcalinidad en el agua del caldero, puede usarse para el control de la purga en los casos

en los que estos factores constituyen un limitante en la concentración del agua del caldero.

Normalmente, estas determinaciones no son confiables para el cálculo del flujo de purga, puesto que tanto el sulfato y la sílice pueden ser removidos en forma de solución de incrustación.

El uso de sulfito de sodio incrementará el contenido de sulfato del agua de la caldera y la alcalinidad varia con el tratamiento químico empleado.

### 6.5.3 Purga de la tubería

Cada uno de estos controles comprende una válvula de purga. Esta válvula es del tipo (globo o de media vuelta) que abre completamente con un cuarto de vuelta para permitir la limpieza periódica del control. El control se debe purgar diariamente ya indicados anteriormente y en los tiempos recomendados.

La purga se debe hacer con la caldera funcionando, para que no sólo se expulse cualquier sedimento y lodos acumulados, sino también para comprobar que el control apaga el quemador.

Sedimentos, óxido y suciedad pueden acumularse hasta el punto de que el flotador no pueda funcionar si el control no es purgado regularmente. El no cumplir esto, puede causar que el control no funcione correctamente, con posibles serios daños del caldero.



Purga Lateral

Purga de Fondo

Fig. 16 Las purgas

Fuente: LACTEOS DE MARCO`S

El control de nivel de agua McDonnell, requiere una revisión visual diaria para comprobar el correcto funcionamiento. Al circular agua por los tubos de agua, se pueden depositar en ella lodos, incrustaciones y otros sedimentos. Aunque los tubos de agua estén diseñados de manera que

impidan estas incrustaciones.



Fig. 17 McDonnell

Fuente: LACTEOS DE MARCO`S

### 6.5.3.1 Precaución al limpiar el control

Saldrá agua caliente y vapor por la tubería que se va al drenaje, cuando se limpie el control mediante la purga, observar el indicador de vidrio.

Estando encendido el quemador, ábrase la válvula de purga girando la manivela 1/4 en sentido contrario a las manecillas del reloj para abrirla completamente esto se lo tiene que hacer con las dos purgas ya mencionadas anteriormente una a la vez. Con

esto se comprueba la operación del control, el agua caliente y el vapor fluirán hacia afuera arrastrando el sedimento y lodos.



Fig. 18 Drenaje de los lodos

Fuente: LACTEOS DE MARCO`S

#### **6.5.4 Sistemas de control y seguridad**

##### **Verificación y ajuste**

Los instrumentos y el control están interrelacionados. Los instrumentos detectan y los controles deciden y actúan. Cuando la operación es manual, con la lectura del instrumento, la persona que opera decide lo que se debe hacer en cada caso.

Los controles automáticos reciben señales de información proveniente de un instrumento sensor y luego deciden la acción adecuada en cada caso. Solamente entonces se procede a efectuar la operación apropiada. Por seguridad y ahorro de energía, es importante verificar y realizar ajustes a los sistemas de control del caldero, lo cual incluye:

- o Sistemas de seguridad del caldero.
- o Control de presión del vapor a la salida.
- o Control del nivel del domo.
- o Sistemas de control de combustión.
- o Sistema del control integrado del caldero.



- o Durante el arranque del caldero se deberá comprobar que los diferentes controles e instrumentos se encuentren operando perfectamente.

#### **6.5.4.1 Control de la presión**

Generalmente en las calderas de vapor la presión del vapor de salida es la variable controlada (señal master), que actúa directamente sobre la operación del quemador accionando dispositivos de parada o arranque dependiendo si las presiones de operación han sido o no satisfechas.

El controlador de presión del vapor (presostato) puede ser que uno de los dos tipos generales: de posición proporcional o proporcional más flotación (reset). Para calderas que operan a presiones bajas y tienen una capacidad de almacenamiento considerable de agua y vapor, un tipo de posición proporcional puede utilizarse.

En este controlador, el movimiento es directamente proporcional al cambio de presión (entre los límites alto y bajo). Un controlador proporcional más flotación se utiliza en calderas de presión alta y una capacidad relativamente pequeña de almacenamiento.

Los presostatos básicamente están compuestos por un diafragma, un mecanismo de transmisión de movimiento y contactos eléctricos que pueden ser platinos o bulbos de mercurio.

El diafragma es un elemento que censa la presión y produce una deformación que será multiplicada y transmitida por un resorte o un mecanismo de barras al elemento que produce el contacto eléctrico (Fig. 19).

Los generadores de vapor dependiendo de su potencia cuentan con uno o más presostatos. Uno de los presostatos instalados en las calderas tiene la función de controlar la sobre presión y está regulado a un nivel ligeramente más alto que el presostato que controla la presión de servicio.

Los presostatos y termostatos tienen puntos definidos para conectar (cut in) y desconectar (cut out).

O sea, están ajustados, para iniciar su acción cuando la temperatura o la presión se reduce a un valor mínimo predeterminado y termina su acción cuando la temperatura o presión aumenta hasta un valor máximo predeterminado, pero para el caso de este caldero las presiones se encuentran entre 42 psi y 52 psi.

A la diferencia de valores entre desconectar y conectar se define como diferencial. En general, el tamaño del diferencial depende de cada caso en particular.

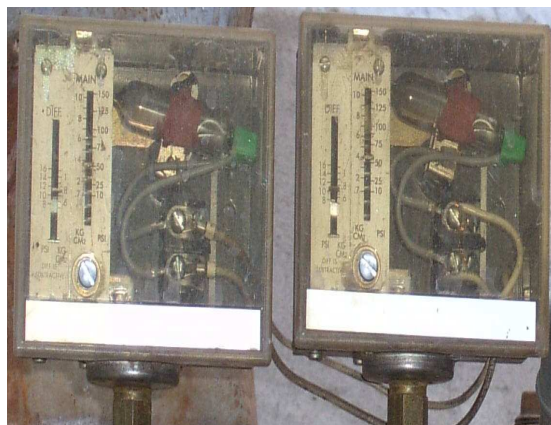


Fig. 19 Control de presión (Pressuretrol)

Fuente: LACTEOS DE MARCO`S

Además del diferencial, los controles tienen otra característica denominada "rango", el cual también está asociado con los valores de conectar y desconectar.

Aunque, al igual que para el diferencial el rango puede definirse como la diferencia entre conectar y desconectar, los dos son diferentes.

Por ejemplo, supóngase que el presostato está ajustado para conectar a una presión de 100 psi y desconectar a 110 psi; mientras que el diferencial se dice de 10 psi (110 - 100), el rango está entre 110 y 100 psi.

Los puntos de conectar y desconectar por lo general son ajustados en el campo.

De acuerdo con las normas, además los controles eléctricos (presostatos), las calderas deben contar con un manómetro y una o más válvulas de seguridad, calculadas en base a la capacidad de generación de vapor del caldero y dimensionadas para permitir un rápido alivio de presiones en caso de que ésta sobrepase los niveles permisibles.

#### **6.5.4.2 Razones para la regulación de la presión**

Como premisa, la presión de vapor no puede mantenerse constante todo el tiempo, si la base para la operación del sistema de control cambia por la presión del vapor. Varios "factores determinan las variaciones de presión y estas son:

- 1.** Características de carga de la planta
- 2.** Características del generador de vapor
- 3.** El equipo de control mismo

Con una carga constante, la presión del vapor puede mantenerse uniforme. Una carga que varía fuertemente pero en

forma gradual, sobre un período de tiempo largo, es más fácil de controlar que una que fluctúa considerablemente.

#### **6.5.4.3 Control de la bomba de agua**

Generalmente las bombas usadas para fluidos como el agua y combustibles, son del tipo centrífuga. El éxito y la eficiencia en el funcionamiento de las bombas centrífugas dependen, en gran parte, de que sean elegidas e instaladas en forma correcta.

El objeto principal de este punto es tratar los problemas que se relacionan con el mantenimiento; sin embargo, tenemos que puntualizar que la selección de la bomba adecuada para cada aplicación o trabajo es una condición básica para lograr los rendimientos satisfactorios deseados, libres de fallas e interrupciones.

Para asegurar un rendimiento máximo y más eficiente dentro de las necesidades mínimas de mantenimiento, es preciso suministrar al fabricante todos los datos indispensables sobre la aplicación que se va a dar a la unidad que se pretende instalar, para que dicho fabricante esté en condiciones de determinar con exactitud cuál es la bomba capaz de satisfacer las necesidades existentes.

La mayoría de fabricantes suministra instructivos en los que se especifican los datos relativos a la instalación, operación y mantenimiento de las bombas de su manufactura.

Es aplicable a las diferentes marcas de bombas el seguir expresamente las recomendaciones en cuanto a su instalación, alineamiento, conexiones de tubería de descarga y de succión.

El mantenimiento y control preventivo de las bombas tienen que ver especialmente con la correcta lubricación de las chumaceras y cojinetes, su temperatura y límites de vibración.

En el mecanismo de bombeo es importante evitar la cavitación (formación de burbujas de vapor o de gas en el seno de un líquido, causada por las variaciones que este experimenta en su presión), la cual puede ser consecuencia de la presencia de gases en el líquido que se bombea, del mal escogimiento del tipo de bomba para una determinada gravedad específica del producto o a una mala instalación de la succión de la bomba.

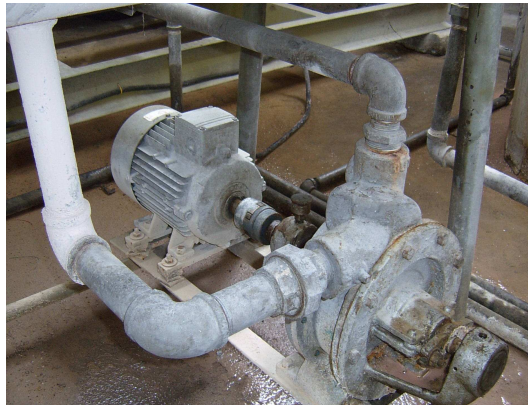


Fig. 20 Bomba de agua

Fuente: LACTEOS DE MARCO`S

#### **6.5.4.4 Control del ventilador**

La mayoría de los calderos son de tiro forzado. Esto significa que el aire que va a los quemadores se suministra por medio de un ventilador de tiro forzado. Este ventilador puede ser operado por una turbina de vapor o de aire o por un motor eléctrico.

El ventilador mantiene una presión positiva en el hogar. Para mantener una relación controlada de combustible/aire en el hogar, se varía la velocidad de la turbina de vapor o aire. En el

caso de un motor eléctrico se regulan las persianas que controlan la entrada de aire.

El mantenimiento del ventilador, por ser un equipo rotativo, es similar a otros de esta característica, es necesario revisar continuamente la lubricación, la temperatura de chumaceras y cojinetes, su vibración que se encuentre dentro del rango permisible, etc. En sistemas de generación que tengan precalentadores de aire, será necesario instalar mallas filtros para evitar la succión de aire con insectos o impurezas, que afecten a la transferencia de calor de los precalentadores.



Fig. 21 Ventilador

Fuente: LACTEOS DE MARCO`S

## 6.6 VÁLVULA DE SEGURIDAD

La Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME), establece que una válvula de seguridad es un elemento automático de alivio de presiones activado por la presión estática del fluido y caracterizado por una acción de abertura total de la válvula.

La operación de una válvula de seguridad, está basada en las leyes naturales de los gases y en la mecánica de los fluidos, éstas son:

- Los líquidos son relativamente incompresibles.
- Gases y vapores son compresibles, por consiguiente expandibles.
- La mayoría de líquidos y gases se expanden en presencia de calor.
- Un cambio de fase (sólido\* líquido o gas) puede ocurrir dependiendo de las condiciones de temperatura y presión.

### **6.6.1 Operación de la válvula de seguridad**

La operación de la válvula de seguridad se realiza por la propiedad de compresión del medio (vapor). Este medio ejerce una fuerza contra el disco de la válvula, la cual resiste por la acción de un resorte.

La presión requerida para vencer la fuerza del resorte se conoce como Punto de Operación (set point). El valor del punto de operación está establecido por el código ASME.

Cuando la presión del medio alcanza el punto de operación., Se levanta el disco y expone una área mayor de disco a la presión. Este incremento de área forzada a la válvula a abrirse rápidamente, dando lugar al término “disparo de la válvula” rápidamente, dando lugar al término "disparo de la válvula".

El disco y su ensamblaje de asiento también incluyen unos anillos de ajuste para el soplado (blow down), los mismos que regulan la cantidad de soplado antes que la válvula vuelva a cerrarse. El soplado es la diferencia entre la presión cuando la válvula de seguridad se abre y la presión a la cuál se cierra.

La cantidad de soplado también está indicada por los códigos, pero generalmente no es menor que el 96% de la presión del punto de operación de la válvula de seguridad. La capacidad de la válvula de seguridad está dada en flujo de masa por hora. Debe dimensionarse de

acuerdo con la presión de trabajo; y no debe ser mayor que el 6% de la presión máxima de trabajo.

La capacidad para una instalación debe seleccionarse con mucho cuidado. Una capacidad insuficiente puede producir una condición de sobre presión, y una capacidad excesiva puede causar que la válvula vibre, ocasionando un daño en el asiento y en el disco debido al flujo insuficiente.

Estas dimensiones críticas, tolerancias y la relación entre sus diferentes partes hacen que la válvula de seguridad sea un instrumento antes que una válvula, y exige una gran calidad de construcción.



Fig. 22 Válvula de seguridad o venteo

Fuente: LACTEOS DE MARCO`S

## **16.7 FALLAS QUE SE PUEDEN DAR EN LOS CALDEROS**

### **Fallas en el arranque**

Características: El quemador y el ventilador no arrancan (Hay enclavamiento eléctrico en las calderas moduladas).

Posibles causas: Bajo nivel de agua, falla del sistema de energía eléctrica, interruptor manual defectuoso en posición off, control de operación o controles de carácter limite defectuosos o descalibrados, voltajes demasiado



altos o bajos, control principal de combustión apagado o defectuoso, fusibles defectuosos en el gabinete de la caldera, térmicos del motor del ventilador o del motor del compresor que saltan, contactos o arrancadores eléctricos defectuosos, motores del compresor y/o ventilador defectuosos, mecanismos de modulación de fuego alto y bajo no se encuentran en la posición adecuado de bajo fuego y fallo en el fluido eléctrico.

Acción a tomar: Inspeccione el interruptor de separación principal está abierto, el fusible del circuito de control está quemado, la conexión eléctrica está floja o quebrada.

### **Fallas en el encendido**

Características: Ventilador y Quemador arrancan pero no hay llama principal

1 **a) No hay ignición**

Posible causa: Falla de chispa, hay chispa pero no hay llama piloto, válvula solenoide a gas defectuoso, interruptor bajo fuego abierto.

Acción a tomar: El ajuste del electrodo está incorrecto, el terminal está flojo en el cable de la ignición; el cable tiene cortocircuito, el transformador de la ignición no funciona, hay poco o cero voltaje en la terminal del circuito de la ignición del piloto.

1 **b) Hay llama piloto, pero no hay llama principal**

Posibles causas: Llama piloto inadecuada, falla en el sistema de detección de llama, falla en el suministro principal de combustible.

Acción a tomar: Revise la alimentación de combustible al piloto, revise y compruebe el detector de llama, saque el detector de llama y limpie el lente, revise el detector de llama y limpie el tubo de observación,

- 1 c) Hay llama de bajo fuego, pero no de alto fuego.

Posibles causas: Baja temperatura de combustible, presión inadecuadas de la bomba, articulación suelta o pegada

Acción a tomar: Hay una falta de combustible, no hay presión de gas, la válvula está cerrada, el tanque vacío, la línea rota, etc. El solenoide del piloto no funciona.

- 1 d) Falla de llama principal durante el arranque

Posibles causas: Ajuste defectuoso de aire combustible, control de combustión o programador defectuoso.

Atención a tomar: La bomba de alimentación no funciona, no hay combustible, revisión del sistema de encendido.

- 1 e) Falla de llama durante la operación

Posibles causas: Combustible pobre e inadecuado, foto celda deficiente, circuito limite abierto, interruptor automático no funciona correctamente, motores ocasionan sobrecargas, control de combustión o programador defectuosos, calibración de quemador incorrecta, dispositivos de interconexión defectuosos o ineficaces, condiciones de bajo nivel de agua, falla en el suministro de energía eléctrica, proporción aire combustible.

Acción a tomar: Revisión el tanque de combustible, electrodos defectuosos, limpieza de la boquilla de pulverización del diesel del combustible.

### **Fallas en los materiales**

- a) Por corrosión

Proceso de acción erosiva ejercida sobre la superficie interna de la caldera por la acción mecánica de materiales sólidos, abrasivos, transportados por el agua o los gases en circulación. La corrosión también se presenta por oxidación.

1

**2b) Por Sobrecalentamiento**

Cuando los materiales de fabricación de la caldera son expuestos a altas temperaturas se presentan fallas de diferentes tipos dependiendo de las causas que la generan.

**c) Soldadura y construcción**

El conjunto de partes soldadas no debe ser poroso ni tener inclusiones no metálicas significativas, debe formar contornos superficiales que fluyan suavemente con la sección que se está uniendo y no tener esfuerzos residuales significativos por el proceso de soldadura.

**1d) Explosión e implosiones**

Las explosiones en calderas suelen ocurrir cuando la presión a la que esta operando la caldera supera la presión para la cual fue diseñada. Generalmente esto ocurre cuando algunos de los sistemas de alarma o control están descalibrados, dañados o no funcionan.

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.



Fig. 23 Fallas en calderos  
Fuente: Internet

**6.7.1 Pruebas de funcionamiento, capacidad y rendimiento en calderos**

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:

- a) Inspecciones de fabricación y pruebas de comportamiento en fábrica:  
Consiste en la verificación de materiales especificados. Inspecciones radiográficas, ultrasonido, partículas magnéticas y balanceo estático y dinámico de rotores.
  
- b) Pruebas durante el montaje e instalación de los equipos. Consiste en la verificación de correcta instalación del equipo, apropiada ubicación, nivelación, alineamiento, soportes y utilización de métodos y procedimientos de montaje aceptables, calificación de soldadores y ejecución de inspecciones radiográficas, limpieza de tuberías y equipos, funcionamiento de controles y alarmas.
  
- c) Pruebas de funcionamiento previas a la recepción por el cliente:  
Adelantadas por el contratista antes de la puesta en operación de la instalación. El cliente debe exigir pruebas de: Capacidad individual de cada equipo o sistema, correcto funcionamiento de protecciones, controles y alarmas, correcto funcionamiento de auxiliares y accesorios de cada equipo. Es importante que el cliente compare estos resultados con los especificados en el contrato
  
- d) Pruebas de capacidad y eficiencia garantizadas por el cliente: El objetivo es demostrar al cliente el cumplimiento de las garantías del contrato relacionados con la capacidad de producción de vapor y rendimiento de la unidad, así como su eficiencia.

1

## **6.8 NORMAS DE SEGURIDAD**

### **6.8.1 Seguridad**

El programa de seguridad es el punto de partida para prevenir los riesgos en el trabajo; si se desea reducir al mínimo la posibilidad de sufrir un accidente en nuestro lugar de trabajo, es necesario establecer un conjunto de actividades que nos permitan recopilar toda la información adecuada para detectar las áreas, zonas o procesos con mayor probabilidad de ocasionar un accidente, así como las condiciones que rodean a los trabajadores en esa zona, con el fin de poder emprender las acciones correctivas necesarias.

### **6.8.2 Seguridad en el caldero**

Los trabajadores que usan y hacen el mantenimiento a calderas saben que éstas son potencialmente peligrosas. Las calderas son recipientes cerrados con quemadores de gas o electricidad que calientan agua u otros líquidos para generar vapor.

El vapor está a presión y sobrecalentado, y se usa para generar electricidad, para calefacción o para otros propósitos industriales. Aunque las calderas normalmente están equipadas con una válvula de alivio de presión, si la caldera no puede resistir la presión, la energía que contiene el vapor se libera instantáneamente. Esta combinación de metal explotando y vapor sobrecalentado puede ser extremadamente peligrosa.

Sólo trabajadores autorizados y debidamente capacitados deben operar las calderas. Los trabajadores deben conocer bien el manual de operación y las instrucciones del fabricante de la caldera.

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.

Muchas calderas viejas, así como las tuberías de vapor o agua caliente pueden tener recubrimientos aisladores, enrollados o forros de asbesto. Los trabajadores deben inspeccionar esas áreas periódicamente para

asegurarse de que los materiales no estén dañados, que no se estén descascarando y que no estén deteriorados.

Deben reportarse la existencia de materiales dañados y deben repararse o eliminarse de inmediato. Indicios de superficies rajadas, prominencias, corrosión u otras deformidades deben ser reparados de inmediato por un técnico autorizado. Los registros detallados de la operación y el mantenimiento de la caldera pueden ayudar a asegurar su seguridad.

Las calderas deben siempre conectarse lentamente, y nunca se debe inyectar agua fría a un sistema caliente. Cambios súbitos de temperatura pueden torcer o quebrar la caldera.

Los trabajadores deben verificar la relación de aire a combustible, la condición del tiro y la llama para asegurarse de que ésta no sea demasiado alta ni que eche humo. Los sistemas de ventilación también deben inspeccionarse y mantenerse para asegurar que los gases producto de la combustión no se acumulen en la sala de calderas.

Se les permitirá únicamente a los técnicos autorizados hacer reparaciones en las calderas. El personal de reparación debe usar equipos de protección personal, tales como cascos, guantes para trabajo pesado, protección para los ojos y overoles.

Cuando se para una caldera para reparaciones, todas las fuentes de energía deben desconectarse usando procedimientos de bloqueo y los residuos de presión en tuberías de vapor, agua y combustible deben aliviarse siguiendo los procedimientos correctos de vaciado y bloqueo, o taponamiento.

#### **6.8.2.1 Reglas de seguridad que se deben seguir**

Las reglas de seguridad ha seguir son de mucha importancia y ayuda para un correcto manejo del equipo térmico y se deben

seguir correctamente cada una de estas reglas sin excepción alguna.

- ✓ No trate de encender una caldera sin comprobar todas las válvulas.
- ✓ Se debe asegurarse que todas las válvulas de seguridad o venteo y de purga estén cerrados.
- ✓ No 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.
- ✓ Se debe purgar cada conexión de nivel al menos un día a la vez.
- ✓ No se deje de anticipar emergencias. No espere hasta que algo suceda para empezar a pensar en soluciones debe actuar antes.
- ✓ Se debe estudiar cada emergencia y saber que realizar con exactitud.
- ✓ No deje una válvula de purga abierta después de haber realizado la purga y sin atención cuando la caldera está bajo presión o está encendida.
- ✓ Se debe controlar el nivel de agua en el visor de nivel mientras se realiza la purga lateral y de fondo.
- ✓ No encienda una caldera sin haber comprobado el nivel de agua; muchas calderas han sido destruidas.
- ✓ Se debe revisar en el nivel de agua antes de encender.
- ✓ No suba la presión de una caldera sin probar la válvula de seguridad o de venteo. Una caldera con la válvula de seguridad atascada, es tan seguro como jugar con dinamita.

- ✓ Se debe desplegar la válvula de su asiento manualmente con su palanca y mientras la caldera está a  $\frac{3}{4}$  de la presión de apertura automática.
- ✓ No aumente la presión de disparo de una válvula de seguridad o venteo sin autorización, ocasionan serios accidentes.
- ✓ Se debe consultar con el encargado de mantenimiento del caldero y tomar en cuenta sus recomendaciones antes de aumentar el ajuste de presión de la válvula de seguridad o venteo.
- ✓ No apriete una tuerca, tornillo o rosca de tubo bajo presión de vapor o aire comprimido, muchas personas han muerto haciéndolo.
- ✓ Se debe ser cuidadoso con esta regla, lo que está a punto de romperse no tiene una señal o signo de alarma.
- ✓ No golpee un objeto sometido a presión de vapor o aire comprimido, éste es otro peligro que le puede causar la muerte.
- ✓ Se debe tomar en serio las cosas seguras con esta regla.
- ✓ No permita a personas no autorizadas tocar lo que no deben en el equipo térmico de vapor, si no se dañan ellos mismos, pueden ser dañados por otros.
- ✓ Se debe mantener fuera del caldero a los extraños que no sean encargados del mismo.
- ✓ No esté seguro que las válvulas de seguridad o venteo estén en buenas condiciones, con estos equipos no hay que estar con suposiciones.
- ✓ Se debe subir periódicamente y despegue la válvula de su asiento con la palanca de elevación mientras el caldero esté a



presión; pruebe a subir la presión de despegue al menos una vez al año.

- ✓ No intente encender un ventilador sin ventilar el hogar y el resto de los conductos del caldero.
- ✓ Se debe que el ventilador limpie el hogar de gases y polvo de acuerdo al periodo de purga prescrito.

### **6.8.3 Equipo de protección personal**

Aun cuando es fundamental en cualquier esfuerzo en pro de la seguridad es modificar el ambiente físico, para hacer imposible que hechos no deseados se produzcan, en ocasiones hace falta, ya sea por razones económicas o de conveniencia salvaguardar al personal, equipando a este en forma individual o con dispositivos de protección personal.

Se evidencia que el uso de dispositivos de protección personal es una forma importante y necesaria en el desarrollo de un programa de seguridad. Sin embargo, como hasta cierto punto es necesario depender del equipo protector personal, en ocasiones existe la tentación de emplearlo sin intentar previamente en forma escrupulosa los métodos posibles para corregir la situación peligrosa.

El método correcto es siempre el mejor. Los trabajadores no ven con gusto, por su incomodidad, el empleo de dispositivos de protección personal. En consecuencia este equipo puede ser alterado por sus usuarios, tratando de obtener un ajuste más satisfactorio, lo que se puede traducir en un empeoramiento de su funcionamiento.

La mejor manera de prevenir los accidentes es eliminar los riesgos o controlarlos lo más cerca posible de su fuente de origen. Cuando esta acción de reducir los riesgos en su origen no es posible, se ve en la

necesidad de implantar en los trabajadores algún tipo de ropa protectora o algún otro dispositivo de protección personal.

El uso de equipos de protección personal, se debe considerar usarlo como ultimo recurso, porque frecuentemente es molesto llevarlo puesto y limita la libertad de movimientos en el trabajador; de esta manera no es sorprendente que a veces este ni lo utilice.

Como el objetivo fundamental del equipo es evitar que alguna parte del cuerpo del trabajador haga contacto con riesgos externos, al mismo tiempo impide también que el calor y la humedad se escapen del cuerpo, teniendo como consecuencia de que alta temperatura y el sudor incomoden al trabajador, haciendo evidente una fatiga más rápida.

El equipo de protección debe ser el adecuado para el trabajador, los equipos de protección que se deberían utilizar en la limpieza de un caldero son:

- o Anteojos protectores para los ojos.
- o Calzado de seguridad.
- o Guantes.
- o Respiradores o Mascarillas.
- o Gorro para la cabeza.
- o Vestidos/Mandiles de protección

**Anteojos protectores para los ojos:** La falta de protección para los ojos podría cuasar el ingreso del hollín o polvo en el momento de realizar la limpieza del caldero impidiendo un buen desempeño.

Por esta razón es indispensable el uso de gafas o lentes de seguridad con resguardos laterales como una buena práctica de seguridad. Asegúrese

de elegir la protección que se ajuste al tipo de trabajo que esté realizando. Los lentes de sol no están aprobados como protección ocular.



Fig. 24 Gafas de protección

Fuente: Internet

**Calzado de seguridad:** El calzado apropiado como las botas o zapatos de cuero con puntera de acero le ayuda a proteger los pies y evita que pise objetos puntiagudos como las tablas con clavos.

La gran mayoría de daños a los pies se deben a la caída de objetos pesados. Es fácil conseguir zapatos de seguridad que protejan en contra de esa clase de riesgo. Esa clase de zapatos pueden conseguirse en tamaños, formas, y estilos, que a la vez se adaptan bien a diferentes pies, y además tienen buen aspecto.

También, lo protege contra objetos que caen o que ruedan como, por ejemplo, las laves de acero, objetos pesados, o superficies calientes y lisas. Además, ofrecen un mejor soporte a los tobillos que el tenis y los zapatos comunes especialmente cuando uno se baja de una escalera o de un andamio o pisa terreno en desnivel.



Fig. 25 Zapatos de protección

Fuente: LACTEOS DE MARCO`S

**Guantes protección de las manos:** Los guantes pueden protegerle las manos contra astillas, cortes con metales, puntos en donde uno se puede pellizcar, y materiales calientes y fríos. Algunos de los modelos de guantes para trabajo más novedosos ayudan a darle más fuerza a la hora de agarrar herramientas y materiales, y disminuyen el cansancio.

Elija bien los guantes para realizar este trabajo de limpieza del caldero y asegúrese de que los lleve puestos.

Los de telas son elaborados en lana, fieltro y algodón, y algunos reforzados con cuero o parches, y se usan para proteger de cortes y rozaduras en trabajos livianos.



Fig. 26 Guantes de protección

Fuente: Internet

**Respiradores o Mascarillas:** Los cubre bocas o mascarillas le protegen la nariz y los pulmones contra el polvo del hollín, aire contaminado con polvo, partículas, y gases.

Existe una amplia variedad desde cubre bocas sencillos contra el polvo hasta mascarillas que cubren toda la cara y que tienen filtros con cartuchos desechables.

Es importante elegir y llevar una mascarilla que se ajuste a las condiciones del trabajo que esté realizando. Para la instalación de fibra de vidrio como aislante se requiere un nivel de protección diferente al que usa al pintar con espray.

Si su trabajo exige que lleve una mascarilla, debe someterse a un análisis médico y estar provisto del equipo indicado antes de comenzar a trabajar.



Fig. 27 Mascarilla de protección

Fuente: Internet

**Gorro para la cabeza:** Asegúrese de utilizar un gorro para evitar tener contacto con el polvo del hollín o partículas del mismo cuando se realice la limpieza dentro del hogar del caldero y otros lugares donde se puedan exponerse.

Protectores para el cabello se usan para evitar que los trabajadores con cabellera larga que trabajan en los alrededores de cadenas, correas, u otras maquinas en movimiento, protegiéndolas y evitando así que estas entren en contacto con dichas piezas en movimiento.



Fig. 28 Gorro de protección

Fuente: Internet

**Vestidos/Mandiles de protección:** Muchas exposiciones a riesgos en las industrias, exigen la ropa apropiada, en lugar de la ordinaria, o encima de estas. Para la selección de la vestimenta hace falta tener presente precauciones como: la prenda debe brindar la protección debida contra el riesgo involucrado, y la otra que no entorpezca los movimientos del trabajador.

La vestimenta puede tener incluidas batas, pantalones, delantales, camisas, chaquetas, trajes completos, y cualquier diseño de ropa que proteja al trabajador ante la posibilidad de sufrir algún tipo de lesión causada por su trabajo.

El uso de vestimenta adecuada previene en el usuario riesgos contra quemaduras, raspaduras, o cualquier lesión acarreada por dicha labor. Y que además estas sean de fácil acceso, es decir sean fáciles de ponerse y quitarse, en caso de presentarse algún tipo de emergencia.



Fig. 29 Vestimenta de protección

Fuente: Internet

## **BIBLIOGRAFÍA**

RODRIGUEZ GUERRERO GONZALO. Operación de Calderas Industriales  
Editorial ECOE.A Santana Fe de Bogota 2000.

SHIEL CARD. Calderas Tipos y Funciones, Editorial Continental México 1984.

SISTEMAS DE CALDEROS. Programa de Capacitación en Gerencia de la  
Energía en la Industria

LUIS EDGARDO LLANES. Seguridad Industrial, Editorial Pax México

<http://www.apleiningenieros.com/detecciondefugas.pdf>

<http://www.calderasvapor.com/products.htm>

[http://www.mdp.edu.ar/uabierta/Oferta/Cursos/vapor\\_cont.htm](http://www.mdp.edu.ar/uabierta/Oferta/Cursos/vapor_cont.htm)

<http://www.lenntech.com/espanol/FAQ-ablandamiento-agua.htm>

<http://www.monografias.com/mantenimiento-industrial.htm>

<http://www.calderasvapor.com/>

<http://www.scif.com/safety/safetymeeting/Article.asp?ArticleID=147>

<http://www.calderasvapor.com/advertencia.htm>

<http://www.quiminet.com.mx/>

<http://www.solomantenimiento.com/>

[http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA\\_785\\_4\\_generalidades](http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_785_4_generalidades)

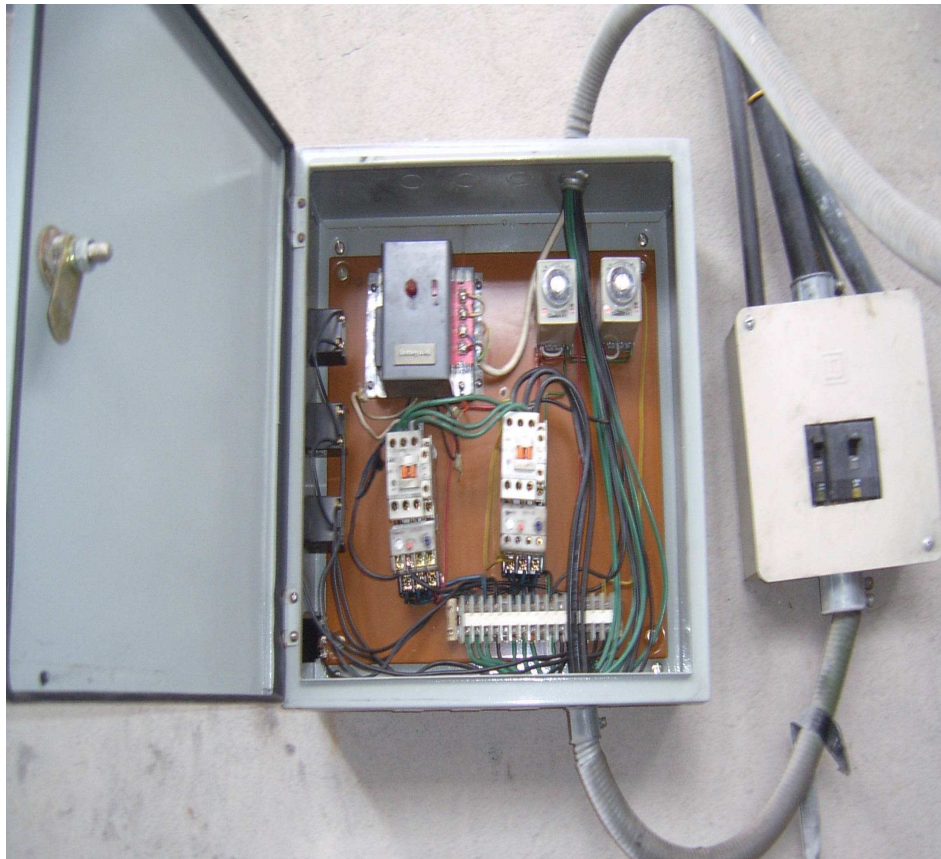
## **ANEXOS**

### **PASOS PARA REALIZAR LA LIMPIEZA DEL CALDERO**

#### **ANEXOS 1**

1. Desconexión de la alimentación eléctrica desde el tablero de control.





2. Luego de haber dejado que se enfríe el caldero por un tiempo de 48 horas para evitar el ingreso de aire frío en los tubos de fuego y el hogar o tubo central.



3. Antes del desmontaje de la tapa posterior y del frente se debe verificar que se encuentre cerrado las válvulas de alimentación de agua.



4. Desmontaje de la tapa posterior del caldero, aflojar cada uno de los 9 pernos de sujeción, luego del desmontaje verificar si los empaques no estén dañados, y si lo están cambiarlos por unos nuevos tanto en la tapa posterior como en la frontal.



5. Desmontaje de la tapa frontal del caldero, aflojar cada uno de los 9 pernos de sujeción y se lo debe retirar cuidadosamente con el quemador. Una vez abierta, se puede observar el hollín que se ha formado en toda la parte del quemador y el hollín acumulado en el hogar.





6. Controlar los empaques de las tapas posterior y de la tapa del frente.



EMPAQUE

7. Una vez realizados los trabajos de mantenimiento y reparaciones anteriormente se procede a la limpieza de cada uno de los tubos y del hogar con el cepillo de acero, se debe también realizar la limpieza de las tapas posterior y del frente, para realizar esta limpieza se debe tener puesto los implementos de protección personal como son: guantes, gafas, gorro,

mascarilla y una vestimenta adecuada, con propósito de proteger la salud y evitar cualquier tipo de accidente en el momento de realizar la limpieza.

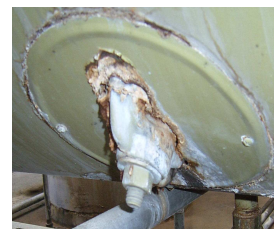
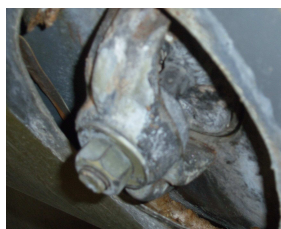


Debido al espacio reducido en el que se encuentra el caldero el cepillo de acero solo se lo utiliza para la limpieza del caldero vertical. Para el caldero horizontal es necesario unos alambres enrollados que se los introducirá en cada uno de los tubos de fuego y se procederá a jalarlos de cada extremo del un lado para el otro para mayor facilidad en su limpieza.

#### 8. Limpieza de la parte de agua.

- ✓ Desfogar toda el agua estancada.
- ✓ Sacar las 5 tapas de control, para realizar la limpieza esto se lo puede realizar manualmente o químicamente.
- ✓ Fijarse en estos tubos la existencia de corrosión o incrustaciones

Estas tres tapas se encuentran localizadas en la parte de abajo del caldero.



Estas dos últimas se encuentran en la parte superior del caldero.



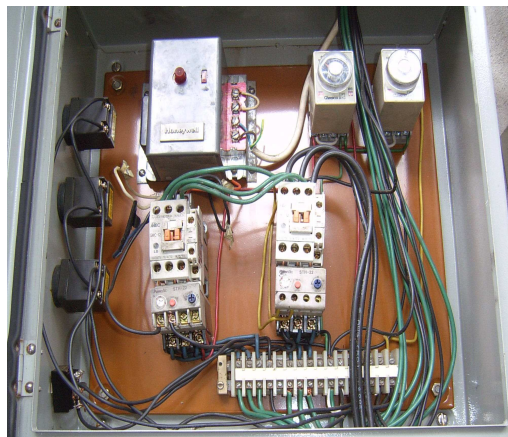
- ✓ Al realizarlo manualmente se requiere de un mayor tiempo de limpieza, y hay lugares que no se les puede limpiar, por lo que se recomienda hacerlo químicamente de ser posible.
- ✓ Sacar todo el sedimento en su totalidad.
- ✓ Realizar el mantenimiento del flotador de control de nivel de agua (McDonnell), para verificar la presencia de corrosión o de incrustaciones.
- ✓ Revisar los empaques y verificar si están dañados, para realizar el cambio inmediato, y luego de estas revisiones procedemos al armado.

9. Luego de haber realizado la limpieza total del equipo térmico y recogido de hollín se procede a realizar el cierre de la tapa posterior y del frente.

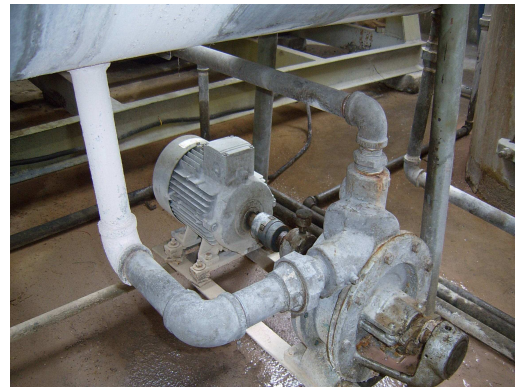




**10.** Luego del cierre de la tapa posterior y del frente, se realiza la verificación de los controles del tablero de control, también la reconexión de alimentación eléctrica y el cierre de la tapa del tablero eléctrico.



11. Se debe verificar el tanque de alimentación de agua, bomba, y válvulas que se encuentren en correcto estado, para la reapertura de la válvula de alimentación de agua al caldero



12. Para realizar el encendido revise toda la parte del quemador, combustible en el tanque entre otros. Luego de la revisión se procede al encendido.





## ANEXOS 2



