



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**MONTAJE, INSTALACIÓN, MANTENIMIENTO Y PRINCIPIOS DE
OPERACIÓN DE UNA CALDERA PIROTUBULAR DE 600 BHP, PARA LA
GENERACIÓN Y SUMINISTRO DE VAPOR A UNA FÁBRICA DEDICADA A
LA PRODUCCIÓN DE SOPAS INSTANTÁNEAS.**

Mario Amilcar López Ramírez

Asesorado por el Ing. Roberto Guzmán Ortiz

Guatemala, abril de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MONTAJE, INSTALACIÓN, MANTENIMIENTO Y PRINCIPIOS DE
OPERACIÓN DE UNA CALDERA PIROTUBULAR DE 600 BHP, PARA LA
GENERACIÓN Y SUMINISTRO DE VAPOR A UNA FÁBRICA DEDICADA A
LA PRODUCCIÓN DE SOPAS INSTANTÁNEAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

MARIO AMILCAR LÓPEZ RAMÍREZ

ASESORADO POR EL ING. ROBERTO GUZMÁN ORTIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, ABRIL DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Keneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Augusto Akú Castillo
EXAMINADOR	Ing. José Rolando Chávez Salazar
EXAMINADOR	Ing. Javier Mauricio Reyes Paredes
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la Ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**Montaje, instalación, mantenimiento y principios de operación de una caldera
pirotubular de 600 BHP, para la generación y suministro de vapor a una
fábrica dedicada a la producción de sopas instantáneas,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Mecánica Industrial, el 21 de noviembre del 2005.



Mario Amílcar López Ramírez

Guatemala, 5 de septiembre de 2007

Ingeniero
José Francisco Gómez Rivera
Director Escuela Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor Director:

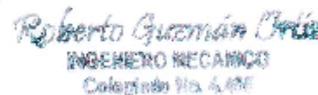
Atentamente me dirijo a usted para presentarle el trabajo de graduación titulado **“MONTAJE, INSTALACIÓN, MANTENIMIENTO Y PRINCIPIOS DE OPERACIÓN DE UNA CALDERA PIROTUBULAR DE 600 BHP, PARA LA GENERACIÓN Y SUMINISTRO DE VAPOR A UNA FÁBRICA DEDICADA A LA PRODUCCIÓN DE SOPAS INSTANTÁNEAS”** del estudiante Mario Amilcar López Ramírez, el cual fue revisado por mí en su totalidad.

A mi juicio, el presente trabajo cumple a cabalidad con los objetivos planteados y con los requisitos exigidos por la Facultad de Ingeniería para optar al grado de Ingeniero Mecánico Industrial, y por tanto extendiendo la presente aprobación en mi calidad de asesor de trabajo de graduación.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted como su seguro servidor.


Ing. Roberto Guzmán Ortiz
Colegiado No. 4465

Asesor


Roberto Guzmán Ortiz
INGENIERO MECÁNICO
Colegiado No. 4465

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **MONTAJE, INSTALACIÓN, MANTENIMIENTO Y PRINCIPIOS DE OPERACIÓN DE UNA CALDERA PIROTUBULAR DE 600 BHP, PARA LA GENERACIÓN Y SUMINISTRO DE VAPOR A UNA FÁBRICA DEDICADA A LA PRODUCCIÓN DE SOPAS INSTANTÁNEAS**, presentado por el estudiante universitario **Mario Amilcar López Ramírez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

Y ENSEÑAR A TODOS

Ing. Danilo González Trejo
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO ACTIVO NO. 6.182

Ing. Erwin Danilo González Trejo
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, febrero de 2008

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **MONTAJE, INSTALACIÓN, MANTENIMIENTO Y PRINCIPIOS DE OPERACIÓN DE UNA CALDERA PIROTUBULAR DE 600 BHP, PARA LA GENERACIÓN Y SUMINISTRO DE VAPOR A UNA FÁBRICA DEDICADA A LA PRODUCCIÓN DE SOPAS INSTANTÁNEAS**, presentado por el estudiante universitario **Mario Amilcar López Ramírez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑADA A TODOS

Ing. José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR
Escuela Mecánica Industrial



Guatemala, marzo de 2008.

/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG. 090.2008

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **MONTAJE, INSTALACIÓN, MANTENIMIENTO Y PRINCIPIOS DE OPERACIÓN DE UNA CALDERA PIROTUBULAR DE 600 BHP, PARA LA GENERACIÓN Y SUMINISTRO DE VAPOR A UNA FÁBRICA DEDICADA A LA PRODUCCIÓN DE SOPAS INSTANTÁNEAS**, presentado por el estudiante universitario **Mario Amilcar López Ramírez**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, abril de 2008

/mestras

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser mi amigo fiel y mi fortaleza en los momentos difíciles.
- Mis padres** Mario Amilcar López Godínez e Ilma Lily Ramírez de López, por su apoyo incondicional, que han propiciado éste y muchos momentos más de éxito en mi vida.
- Mi hermana** Fabiola María López Ramírez, por su comprensión y cariño.
- Mi abuelita (D.E.P)** Martina G. Vda. De López, por ser ejemplo de principios.
- Mi tía Cory** Por sus sabios consejos y atenciones.

AGRADECIMIENTOS A:

Don Mariano Martínez

Por su valiosa ayuda y colaboración en la realización del presente trabajo de graduación.

Mis amigos

Por su amistad sincera y solidaridad.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI

1. GENERALIDADES

1.1. Unión de Servicios Industriales (USI)	1
1.2. Caldera <i>Cleaver Brooks</i> CB-LE de 600 BHP	1
1.2.1. Caldera con baja emisión de gases	2
1.2.2. Especificaciones de la caldera	3
1.2.3. Dimensiones y medidas	4
1.3. Costo de operación de la caldera <i>Cleaver Brooks</i> CB-LE de 600 BHP	7
1.4. Consumo de vapor	10

2. CONCEPTOS SOBRE CALDERAS PIROTUBULARES

2.1. Definición	13
2.2. Clasificación	13
2.3. Cómo seleccionar una caldera	14
2.4. Componentes de una caldera	15
2.4.1. Cámara de agua	15
2.4.2. Cámara de vapor	15
2.4.3. Registros de mano (<i>hand hole</i>)	15
2.4.4. Registros de hombre (<i>man hole</i>)	15

2.4.5. Tortugas	15
2.4.6. Válvulas de purga	16
2.4.7. Hogar	16
2.4.8. Tubos de fuego	16
2.4.9. Chimenea	16
2.4.10. Superficie de calefacción	16
2.4.11. Espejos	17
2.4.12. Deflectores	17
2.4.13. Pasos	17
2.4.14. Tiro	17
2.4.15. Puertas	17
2.4.16. Mirillas	18
2.4.17. Quemador	18
2.5. Instrumentos de medición	18
2.5.1. Manómetros	18
2.5.2. Termómetros	19
2.6. Instrumentos de seguridad y operación	19
2.6.1. Fococelda	19
2.6.2. Control de presión de vapor	19
2.6.3. Control de combustión	19
2.6.4. Control de nivel de agua	20
2.6.5. Válvula de seguridad	20
2.6.6. Programador	20
2.6.7. Control modulador	20
2.6.8. Válvula de flujo de combustible	21

3. SALA DE CALDERAS: DIMENSIONES Y EQUIPOS

AUXILIARES

3.1. Sala de calderas	23
-----------------------	----

3.1.1. Dimensiones mínimas	23
3.1.2. Condiciones en general	24
3.2. Bombas de agua	26
3.3. Tanque de petróleo	27
3.3.1 Requisitos para licencia de almacenaje	29
3.3.1.1 Documentos que acompañan la solicitud	30
3.3.1.2 Información anexa	30
3.3.2. Normas de seguridad en tanques de petróleo	32
3.4. Chimenea	34
3.5. Tubería	37
3.5.1. Instalación de tubería	38
3.5.2. Manejo de condensado	43
3.5.3. Aislamiento	44
3.6. Cimentación para el montaje de la caldera <i>Cleaver Brooks</i> CB-LE de 600 BHP	46
3.6.1. Cálculo de concreto armado	48
3.7. Tanque de condensado	54
3.8. Tanque de purga	58
3.9. Equipo de tratamiento de agua para caldera	59
3.9.1. Cálculo de un suavizador	65

4. PRINCIPIOS DE OPERACIÓN DE LA CALDERA *CLEAVER BROOKS* CB-LE DE 600 BHP

4.1. El quemador y el sistema de control	69
4.2. Función de los controles y componentes	70
4.2.1. Controles generales	70
4.2.2. Controles de vapor	72
4.2.3. Controles de la alimentación del gas	74
4.2.4. Controles para aceite pesado No. 6	75

4.3. Aire para combustión	78
4.4. Ignición automática	79
4.5. Aire atomizado	79
4.6. Flujo del aceite pesado	80
4.7. Flujo del gas combustible	82
4.8. Alimentación modular	83
5. RECIPIENTE DE PRESIÓN DE LA CALDERA <i>CLEAVER</i> <i>BROOKS CB-LE DE 600 BHP</i>	
5.1. Fabricación	85
5.2. Requerimientos de agua	86
5.3. Tratamiento del agua	87
5.3.1. ¿Por qué es importante el tratamiento del agua de alimentación en una caldera?	87
5.3.1.1. Incrustaciones y depósitos	88
5.3.1.2. Eliminación de arrastre	88
5.3.1.3. Correcciones contra fragilidad	88
5.3.1.4. Remoción de gases disueltos	89
5.3.1.5. Protección contra la corrosión	89
5.3.2. Tratamiento Externo	89
5.3.2.1. Proceso de intercambio iónico	89
5.3.2.1.1. Principios de operación	90
5.4. Limpieza	90
5.5. Purga	91
5.5.1. Tipos de purga	92
5.5.2. Frecuencia de purga manual	92
5.5.3. Procedimiento para la purga manual	93
5.6. Inspección periódica	94
5.7. Lavado del recipiente de presión de una unidad nueva	95

5.8. Preparación para una paralizada extendida	97
--	----

6. INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CALDERA *CLEAVER BROOKS CB-LE DE 600 BHP*

6.1. Recepción de la caldera	99
6.2. Inspección general antes de poner en servicio la caldera	99
6.2.1. Partes de presión y tuberías principales	100
6.2.1.1. Salida de vapor	100
6.2.1.2. Cuerpo de la caldera	100
6.2.1.3. Columna de agua	100
6.2.1.4. Válvulas de seguridad	100
6.2.1.5. Tuberías de purgas y drenajes	101
6.2.1.6. Línea de alimentación de agua	101
6.2.2. Circuito de aire y gases	101
6.2.2.1. Ventilador de tiro forzado	101
6.2.2.2. Tubo de combustión	102
6.2.2.3. Pasos de gases	102
6.2.2.4. Chimenea	102
6.3. Arranque de la caldera	102
6.3.1. Secuencia de arranque	103
6.3.1.1. Procedimientos preliminares al arranque	103
6.3.1.2. Verificar la operación de las válvulas	103
6.3.1.3. Llenado de la caldera	104
6.3.1.4. Procedimientos posteriores al llenado	104
6.3.1.5. Conexión a una línea fría	105
6.4. Importancia de la inspección y mantenimiento preventivo para la caldera <i>Cleaver Brooks CB-LE de 600 BHP</i>	106
6.5. Programa de mantenimiento preventivo para la caldera <i>Cleaver Brooks CB-LE de 600 BHP</i>	106

6.5.1. Observación de la operación	107
6.5.2. Pruebas periódicas	107
6.5.3. Inspección	107
6.5.4. Supervisión	108
6.6. Guía para rutinas de mantenimiento preventivo para la caldera <i>Cleaver Brooks</i> CB-LE de 600 BHP	108
6.6.1. Puntos básicos a realizar diariamente	108
6.6.2. Mantenimiento mensual	109
6.6.3. Mantenimiento general	110
7. DIAGNÓSTICO DE AVERÍAS EN LA CALDERA <i>CLEAVER</i> <i>BROOKS</i> CB-LE DE 600 BHP	
7.1. El quemador no arranca	113
7.2. No hay ignición	114
7.3. Llama en el piloto, pero no hay llama principal	115
7.4. El quemador permanece con llama baja	116
7.5. Falla ocurre durante el encendido	116
7.6. Motor modulador no funciona	117
8. SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL	
8.1. Importancia de la seguridad e higiene industrial	119
8.2. Seguridad industrial	119
8.2.1. Causas de los accidentes	120
8.2.1.1. Análisis de actos inseguros	120
8.2.1.2. Análisis de condiciones inseguras	121
8.2.2. Normas generales de prevención de accidentes	122
8.2.3. Equipo y elementos de protección personal y colectiva	123
8.2.3.1. Ropa de trabajo	124
8.2.3.2. Protección craneana	125

8.2.3.3. Protección ocular	125
8.2.3.4. Protección de los pies	126
8.2.3.5. Protección de manos	126
8.2.3.6. Protección respiratoria	127
8.2.3.7. Protección de caídas desde alturas	127
8.3. Higiene industrial	128
8.3.1. Condiciones y medio ambiente de trabajo	128
9. MEDIO AMBIENTE	
9.1. Evaluación de impacto ambiental	131
9.1.1. Metas y objetivos de la evaluación de impacto ambiental	132
9.1.1.1. Metas	132
9.1.1.2. Objetivos	132
9.1.2. Efectos de la evaluación de impacto ambiental en los proyectos	133
9.2. Producción más limpia	134
9.3. Impacto de emisiones gaseosas	136
10. SEGUIMIENTO	
10.1. Revisión de las guías para rutinas de mantenimiento preventivo para la caldera <i>Cleaver Brooks</i> CB-LE de 600 BHP	139
10.2. Inspecciones de rutina del funcionamiento de la caldera <i>Cleaver Brooks</i> CB-LE de 600 BHP	143
CONCLUSIONES	147
RECOMENDACIONES	151
BIBLIOGRAFÍA	153
APÉNDICE 1	155
APÉNDICE 2	157

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Vista lateral de la caldera	6
2	Vista frontal de la caldera	7
3	Vista planta de la sala de calderas	25
4	Tanque principal de aceite pesado no. 6	29
5	Sombrero de chimenea	36
6	Chimenea con separador de sólidos	37
7	Deposito colector de condensado	40
8	Diversos tipos de soportes	42
9	Junta de dilatación tipo fuelle	42
10	Vista frontal de los rieles de soporte	47
11	Vista lateral de los rieles de soporte	47
12	Área de la cimentación	49
13	Armazón de hierro no. 5	51
14	Instalación correcta de la tubería de succión	57
15	Equipo de tratamiento de agua	59
16	Flujo del aceite combustible	81
17	Sistema de flujo de gas	83
18	Formato de historial de mantenimiento	142
19	Bitácora diaria	145
20	Control de consumo de combustible	146
21	Bitácora diaria: propuesta	157

TABLAS

I	Descripción general	3
II	Consideraciones técnicas	4
III	Consumo aproximado de combustible	4
IV	Dimensiones y medidas: longitudes	5
V	Dimensiones y medidas: anchuras	5
VI	Dimensiones y medidas: alturas	6
VII	Dimensiones y medidas: conexiones	6
VIII	Dimensiones del sombrero para la chimenea	35
IX	Especificaciones de tubería	38
X	Dimensiones de rieles de soporte de concreto para montaje de la caldera	46
XI	Cantidad de materiales para 1 m ³ de concreto fraguado	50
XII	Selección del tamaño del tanque de condensado en base al caballaje de la caldera	55
XIII	Actividades no incluidas en el plan de mantenimiento actual	155

LISTA DE SÍMBOLOS

BHP	Caballos de fuerza caldera
CB	Capacidad de la bomba de agua (gal/min)
gpg	Granos por galón
GTD	Granos totales de dureza
hf	Entalpía de agua de alimentación (BTU/lb)
hg	Entalpía de vapor saturado (BTU/lb)
ppm	Partes por millón

GLOSARIO

Agua de alimentación	Agua de reemplazo que se suministra a la caldera.
ANSI	Instituto Americano de Estándares.
Arrastre de agua	Cuando partículas grandes o pequeñas de agua están siendo arrastradas con la corriente.
ASME	Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos.
ASTM	Sociedad Americana de Pruebas de Materiales.
CO	Monóxido de carbono.
CO₂	Dióxido de carbono.
Combustión	La unión rápida del oxígeno con un elemento o compuesto que resulta en la liberación de calor.
Condensación	Agua condensada que resulta de la eliminación del calor latente del vapor.
Corrosión	Desgaste de los metales en la caldera debido a la acción química, generalmente causada por la presencia de H ₂ , O ₂ , CO ₂ , un ácido o alcalinos fuertes.

Espumación	Fluctuación rápida del nivel de agua causada por impurezas en la superficie de la caldera, que puede producir un arrastre de agua o agua de condensación.
Golpe de ariete	Golpe resonante en la línea de vapor, causado por el vapor y el agua mezclándose.
Hollín	Depósitos finos, generalmente de carbón, resultado de una combustión incompleta. El hollín aísla los tubos de la caldera, generando una temperatura más elevada en la chimenea.
Incrustaciones	Depósitos causados por minerales en el agua de la caldera.
PH	Es el índice que expresa el grado de acidez o alcalinidad.
Purga	Eliminación de una parte del agua de la caldera con el propósito de reducir la concentración de sólidos, o para descargar el sedimento.
Recipiente de presión	Un recipiente o envase cerrado diseñado a confinar un líquido a una presión arriba de la atmosférica.
Sedimento	Residuo acumulado causado por minerales en el agua de la caldera.
Termostato	Regulador de temperatura del agua en un sistema.

Zeolita

El término está muy arraigado en la práctica y se usa como sinónimo de intercambiador catiónico tipo sódico. Las zeolitas pueden ser naturales o sintéticas, pero en todo caso son compuestos formados principalmente por sodio aluminio y sílice de naturaleza muy compleja insolubles en el agua, y no se desgastan durante el intercambio.

RESUMEN

Al analizar detenidamente la industria guatemalteca nos damos cuenta que las calderas de vapor tienen gran aplicación en los distintos ramos de la industria, el vapor que generan a presión puede producir la fuerza necesaria para aprovecharla en procesos industriales, calefacción, esterilización, etc. Los hoteles, hospitales, lavanderías, la industria alimenticia, de textiles, de bebidas alcohólicas y carbonatadas, por mencionar algunas, tienen en su cuarto de máquinas estos equipos que los ayudan a ser productivos.

Se describirán las características específicas de la caldera en estudio, la cual es *Cleaver Brooks* modelo CB600-600-200 de 600 BHP, a nivel de materiales de construcción, normas para su fabricación, operación y mantenimiento, dimensiones de la misma, capacidad de generación de vapor y energética, presión de trabajo, tipo de combustible y en general las especificaciones técnicas de dicha caldera. Así mismo, se realizará la descripción de la empresa que se dedica a la venta, reparación y mantenimiento de calderas, empresa por medio de la cual se logró realizar el presente trabajo de graduación, también se hará mención de la empresa dedicada a la producción de sopas instantáneas.

Uno de los capítulos más interesantes es el número tres, debido a que en éste se describen algunos criterios que se emplean en el medio para seleccionar bombas de agua, tanque de condensado, los factores a tomar en cuenta al diseñar la cimentación para maquinaria, en fin, se indicarán las dimensiones y estructura de la sala de calderas, las condiciones en que esta se encuentra. También se describirán los equipos auxiliares que una sala de calderas necesita para su perfecto funcionamiento; estos equipos también contribuyen en gran medida a la generación y suministro de vapor.

Los capítulos restantes se enfocan en la parte operativa de un equipo de generación de vapor, describiendo los principios de operación de algunos de los sistemas más complejos que conforman una caldera. La parte teórica que aparece al principio sienta las bases para que el aprendizaje se realice sobre sólidos conceptos y de esta manera el lector lo asimile de la mejor manera.

OBJETIVOS

GENERAL

Montaje, instalación, mantenimiento y principios para operar una caldera pirotubular de 600 BHP, para la generación y suministro de vapor a una fábrica dedicada a la producción de sopas instantáneas.

ESPECÍFICOS

1. Definir los conceptos fundamentales sobre calderas, de manera que tengamos los requisitos mínimos de interés y conocimiento sobre estos equipos.
2. Proporcionar los conocimientos básicos sobre las dimensiones y equipos auxiliares que debe tener la sala de calderas para la instalación de dichos equipos.
3. Determinar mediante un análisis matemático, si la tubería de la caldera *Cleaver Brooks CB* de 600 BHP, tiene la capacidad para suministrar el vapor requerido para el tipo de actividad que realiza.
4. Determinar mediante un análisis matemático la cimentación adecuada sobre la cual se realizará el montaje de la caldera *Cleaver Brooks CB* de 600 BHP.
5. Asegurar el debido y adecuado tratamiento del agua para obtener una pureza de vapor y seguidamente reducir al mínimo los problemas debidos a un tratamiento deficiente del agua.

6. Definir las tareas fundamentales que se realizan en la caldera *Cleaver Brooks* CB de 600 BHP, a través de los principios de operación y mantenimiento para asegurar una operación confiable.

7. Establecer los problemas típicos que presenta una caldera y enfocar las posibles soluciones a estos problemas si se presentaran en la caldera *Cleaver Brooks* CB de 600 BHP.

INTRODUCCIÓN

Las calderas de vapor son uno de los componentes principales en la industria hoy en día, el vapor que generan es aprovechado para utilizarlo en procesos industriales que así lo requieran, además, pueden suministrar potencia a maquinaria especial que opere con este tipo de fuerza motriz.

Las necesidades humanas se pueden satisfacer solamente a través del crecimiento industrial, el vapor se utiliza en casi todas las industrias y es por ello que las calderas forman una parte esencial de cualquier planta que requiera la generación y suministro del mismo. Sin embargo, el crecimiento industrial acelerado causa a su vez gran demanda de equipos adecuados para los diversos procesos. La operación de dichos equipos debe realizarse de manera profesional y de una forma segura; en el contenido del presente trabajo se presentan temas relacionados a la operación segura de una caldera piro-tubular, el mantenimiento adecuado que se le debe brindar al equipo para un óptimo desempeño y disminución de la contaminación ambiental.

Debido a que los equipos empleados para la generación y suministro de vapor son bastante complejos, lo cual los hace costosos, se hace necesario presentar los parámetros básicos para la correcta elección de una caldera y los equipos auxiliares, de esta manera se tendrá un sólido criterio técnico para la elección de dichos equipos

1. GENERALIDADES

1.1. Unión de Servicios Industriales (USI)

La empresa Unión de Servicios Industriales fue fundada como empresa individual e inscrita en el Registro Mercantil en el año de 1989, la misma se encuentra ubicada en la 16 avenida 17 – 48 zona 11, colonia Carabanchel, Ciudad de Guatemala.

El objeto de la empresa es: importación, exportación, compra y venta de maquinaria, equipo, repuestos y accesorios industriales, agrícolas y hospitalarios; hotelería y restaurante, automotores para el trabajo, vehículos y sus repuestos. Siendo su principal actividad la venta, reparación y mantenimiento de calderas y equipo de lavandería industrial.

Los principales productos que se venden en Unión de Servicios Industriales son: calderas, lavadoras industriales, *dry cleaning*, prensas, planchadoras y dobladoras de sábanas.

Por medio de la empresa “Unión de Servicios Industriales” se realizará el estudio de la caldera *Cleaver Brooks* modelo CB600-600-200 de 600 BHP, la cual fue instalada y montada por dicha empresa en una fábrica que se dedica a la producción de sopas instantáneas, misma que se encuentra ubicada en Bárcenas, Villa Nueva.

1.2. Caldera *Cleaver Brooks* CB-LE de 600 BHP

La caldera “CB” es una caldera integrada pirotubular de construcción de acero soldado y consiste de un recipiente de presión, quemador, controles de quemador, ventilador de tiro forzado, compuerta de aire, bomba de aire, refractario y componentes

relacionados. La caldera “CB” es una caldera de cuatro pasos y de tubos horizontales, con una potencia de 600 caballos de fuerza caldera, cuenta con cinco pies cuadrados de superficie de calentamiento por cada caballo de fuerza caldera, lo que hace un total de 3000 pies cuadrados de superficie de calefacción. Esta caldera es un recipiente cilíndrico, con tubos horizontales ubicados a lo largo de la misma, estos tubos están conectados con los espejos en la parte delantera y trasera de la caldera. La puerta de adelante y atrás de la caldera proporciona un sello que sirve para encerrar los gases calientes de combustión. La llama se origina en el horno. Los gases de combustión viajan hacia abajo del horno y a través de los tubos horizontales, el calor y la energía producida por la llama es cedida al agua mediante el proceso termodinámico de transferencia de calor. Las letras “CB” significa Cleaver Brooks, nombre de la compañía estadounidense que manufactura maquinaria y equipos industriales.

1.2.1. Caldera con baja emisión de gases

La empresa Cleaver Brooks fabrica calderas que ayudan a reducir la emisión de gases contaminantes, esto debido a que este tipo de calderas trae de fábrica la opción de “Baja Emisión de Gases”. En las calderas Cleaver Brooks con esta opción, se logra reducir la emisión de óxido nitroso (NO_x), principal precursor de la contaminación a la capa de ozono. La emisión de monóxido de carbono (CO) tiende a disminuir también, debido a que se incrementa la turbulencia causada por la adición de los gases de chimenea en el aire de combustión, por lo tanto mejora la combustión.

La baja emisión de gases es posible mediante el sistema IFGR, el cual quiere decir “Induced Flue Gas Recirculation” o “Recirculación Inducida de los Gases de Chimenea”. El sistema IFGR mezcla una parte de los gases de chimenea de la salida de los tubos del cuarto paso de la caldera con el aire de combustión que entra, esto para reducir la temperatura de la llama en el horno, de esta manera se reducen las emisiones por NO_x. En este enfoque, el ventilador de aire de combustión se encarga de dos

funciones: trabaja con el aire de combustión y con la recirculación de los gases de chimenea. Se denomina IFRG porque los gases de chimenea son inducidos a la entrada del ventilador. La caldera instalada en la fábrica de sopas instantáneas tiene la opción de baja emisión de gases.

1.2.2. Especificaciones de la caldera

Las calderas de modelo CB son calderas de cuatro pasos con tubos horizontales, cuentan con cinco pies cuadrados de superficie de calefacción por cada caballo de fuerza caldera. La caldera es montada sobre una fuerte base de acero, es una caldera tipo paquete integrada con: ventilador de tiro forzado, controles de quemador, extras de caldera y refractario. Los siguientes datos son definidos por la fábrica de calderas Cleaver Brooks de acuerdo a ciertos estándares que manejan y sirven como referencia para cualquier consulta:

a. Descripción general

Tabla I. Descripción general

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Capacidad de la caldera, en BHP	600
Modelo	CB600 – 600 – 200
Presión de diseño, en PSI	200
Presión de trabajo, en PSI	140
Combustible	Aceite o gas o combinación
Ignición	Automática
Quemador (gas)	Tipo con orificio sin premezcla
Quemador (aceite)	Aire atomizado (baja presión)
Compuerta de aire	Tipo rotatoria

Fuente: Cleaver Brooks Steam Boilers 15 through 700 HP, Dimensions and Ratings

- b. Consideraciones técnicas: 3000 pies sobre el nivel del mar

Tabla II. Consideraciones técnicas

CARACTERÍSTICA	UNIDADES	VALOR
Producción de vapor, (a 212 °F)	lb/hr	20,700
Capacidad térmica de la caldera,	BTU/hr	20,085x10 ³
Superficie de calentamiento,	pies ²	
Lado de fuego		3,000
Lado de agua		3,262

Fuente: Cleaver Brooks Steam Boilers 15 through 700 HP, Dimensions and Ratings

- c. Consumo aproximado de combustible

El consumo de aceite ligero se refiere al consumo de petróleo No. 2 que comúnmente se conoce como diesel y el consumo de aceite pesado se refiere al consumo de petróleo No. 6 que comúnmente se conoce como Búnker C.

Tabla III. Consumo aproximado de combustible

CARACTERÍSTICA	UNIDADES	VALOR
Aceite ligero, (140,000 BTU/gal)	gal/hr	179.5
Aceite pesado, (150,000 BTU/gal)	gal/hr	167.5
Gas	m ³ /hr	669.1

Fuente: Cleaver Brooks Steam Boilers 15 through 700 HP, Dimensions and Ratings

1.2.3. Dimensiones y medidas

La fábrica de calderas Cleaver Brooks estandariza el tamaño de sus equipos de acuerdo al caballaje de las mismas, para una caldera cuya capacidad sea de 600 BHP (caldera en estudio) las figuras 1 y 2, en páginas 6 y 7 respectivamente, darán mayor detalle de las dimensiones y medidas de la caldera, tomando como referencia la letra del

abecedario que aparece al lado derecho de la descripción, así mismo dichas dimensiones se presentan en pies y pulgadas.

Tabla IV. Dimensiones y medidas: longitudes

LONGITUDES	LETRA	DIMENSIÓN
Total de la caldera	A	23' 2"
Del cuerpo	B	18' 6"
Total de la base	C	18' 5"
Extensión delantera de la caldera	D	29"
Extensión trasera de la caldera	E	27"
Pestaña del círculo frontal a la boquilla	F	97"
Pestaña del círculo a la base	G	½"

Fuente: Cleaver Brooks Steam Boilers 15 through 700 HP, Dimensions and Ratings

Tabla V. Dimensiones y medidas: anchuras

ANCHURAS	LETRA	DIMENSIÓN
Total de la caldera	I	116"
Diámetro interno de la caldera	J	96"
Del centro a la columna de agua	K	65"
Del centro a la bisagra exterior	KK	62"
Del centro al revestimiento	L	51"
Base, exterior	M	72"
Base, interior	N	58"

Fuente: Cleaver Brooks Steam Boilers 15 through 700 HP, Dimensions and Ratings

Tabla VI. Dimensiones y medidas: alturas

ALTURAS	LETRA	DIMENSIÓN
Total de la caldera	OO	10´ 8”
De la base a la salida del respiradero	O	10´ 8”
De la base a la salida de vapor	P	9´ 10”
Pescante (adelante)	DF	10´ 7”
Pescante (atrás)	DR	10´ 8”
De la base	Q	18”
De la base a la parte inferior de la caldera	R	21”

Fuente: Cleaver Brooks Steam Boilers 15 a 700 HP, Dimensions and Ratings

Tabla VII. Dimensiones y medidas: conexiones

CONEXIONES		DIMENSIÓN
Alimentador de agua, izquierda y derecha	S	2½ ”
Conexión auxiliar	Z	1¼”
Alta Presión (150 Lb)		
Superficie de nivel, arriba	T	1”
Boquilla de liberación de vapor	Y	8”
Purga de fondo	W	2”

Fuente: Cleaver Brooks Steam Boilers 15 a 700 HP, Dimensions and Ratings

Figura 1. Vista lateral de la caldera

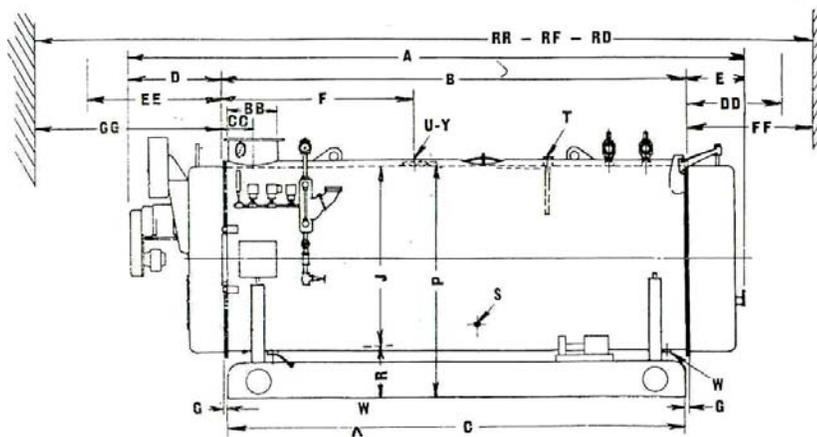
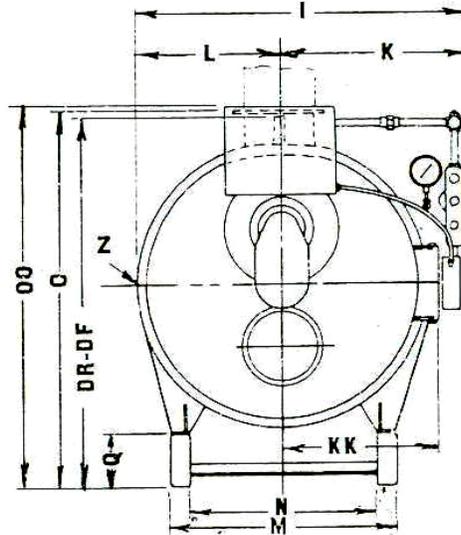


Figura 2. Vista frontal de la caldera



1.3. Costo de operación de la caldera Cleaver Brooks CB-LE de 600 BHP

Esta sección refiere al costo de operación de la caldera Cleaver Brooks CB de 600 BHP en cuanto al consumo de combustible líquido. El costo de operación por hora (en cuanto a combustible líquido) se determina multiplicando el valor de galones/hora que aparece en la Tabla III página 4, de acuerdo al tipo de combustible líquido que se queme, por el precio en el mercado del galón de dicho combustible.

$$\text{Costo} = \frac{\text{gal}}{\text{hora}} * P$$

Donde:

Costo = costo por hora en cuanto a consumo de combustible

$\frac{\text{gal}}{\text{hora}}$ = valor de acuerdo a la Tabla III, según el tipo de combustible

P = precio en el mercado de 1 galón de dicho combustible

El costo de combustible puede reducirse si la caldera opera con alta eficiencia.

La eficiencia del quemador de determina por cuatro factores:

- A. Diseño de la caldera y limpieza de las superficies de calefacción: tanto en la parte interior del recipiente como en el fogón, son factores que permiten que se traspase el calor de combustión al agua de la caldera.
- B. Diseño del quemador: Todos los quemadores requieren el uso de aire excedente por encima de la cantidad teórica de aire requerida para quemar cierta cantidad de combustible. Si se suministra una cantidad insuficiente de aire, la llama producirá humo y causará que los tubos se llenen de hollín. Si se usa grandes cantidades de aire excedente, el aire sin utilizar se calienta por la combustión, el aire caliente se expulsa por la chimenea y se desperdicia calor. Las relaciones adecuadas de aire a combustible son importantes para una operación eficiente y deben verificarse con un analizador de gas de combustión.
- C. Eficiencia de combustión: Si un quemador pudiera quemar todo el combustible sin exceso de aire y sin monóxido de carbono, produciría una eficiencia de combustión del 100%. La eficiencia de combustión es característica de la efectividad del quemador solamente y se relaciona a su habilidad de quemar completamente el combustible. Los indicadores de la eficiencia de combustión del combustible (aceite/gas) son:
 - Una llama intensa y brillante sin humo (aceite combustible solamente)
 - Ajuste apropiado de la relación aire a combustible en todo el rango de encendido (use analizador de gas de combustión)
 - Bajos niveles de combustible sin quemar
- D. Eficiencia de conversión de combustible a vapor: es la relación de salida de potencia de BTU dividida por la entrada de BTU y es la figura correcta a utilizar cuando se determine el costo del combustible. Incluye todas las pérdidas térmicas al cuarto de calderas.

En el siguiente ejemplo se comprueba la eficiencia de conversión de combustible a vapor. Para este ejemplo tomamos como base las características de la caldera en estudio a dos diferentes eficiencias:

- Caldera de 600 BHP
- Combustible: aceite pesado No. 6
- Potencia de salida (vapor): $20,085 \times 10^3$ BTU/hora
- Potencia de entrada (combustible No. 6): $150,000$ BTU / 3.785 lt

1. A 80% eficiencia y $150,000$ BTU / 3.785 lt de aceite No. 6

Potencia salida: a 100% eficiencia corresponde $20,085 \times 10^3$ BTU/hora

a 80% eficiencia corresponde $25,106.250 \times 10^3$ BTU/hora

$$\text{Consumo} = \frac{25,106.250 \times 10^3 \text{ BTU / hora}}{\frac{150,000 \text{ BTU}}{3.785 \text{ lt}}} = 634 \frac{\text{litros}}{\text{hora}}$$

2. A 85% eficiencia y $150,000$ BTU / 3.785 lt de aceite No. 6

Potencia salida: a 100% eficiencia corresponde $20,085 \times 10^3$ BTU/hora

a 80% eficiencia corresponde $23,629.412 \times 10^3$ BTU/hora

$$\text{Consumo} = \frac{23,629.412 \times 10^3 \text{ BTU / hora}}{\frac{150,000 \text{ BTU}}{3.785 \text{ lt}}} = 596 \frac{\text{litros}}{\text{hora}}$$

3. Conclusión: una disminución del 5% en la eficiencia aumenta el costo de combustible en un 6.3%

A 80% eficiencia se consume 634 litros/hora de aceite No. 6

A 85% eficiencia se consume 596 litros/hora de aceite No. 6

1.4. Consumo de vapor

En el proceso productivo para elaborar sopas instantáneas intervienen gran cantidad de personal que labora en distintas áreas y se hace uso de numerosos equipos y maquinaria, esta sección se limita a enumerar los equipos que forman parte del proceso para elaborar sopas instantáneas y los cuales consumen vapor. En la planta de sopas encontramos los siguientes equipos:

- 1 máquina para el precocimiento de pasta para sopas de vaso
- 1 máquina para el precocimiento de pasta para sopas de sobre
- 1 máquina freidora para sopas de vaso
- 1 máquina freidora para sopas de sobre
- 1 calentador de manteca

Además, la caldera suministra vapor a su vez a una planta que elabora vasos de duroport en los cuales se envasan las sopas. Actualmente funcionan 16 máquinas que utilizan vapor para elaborar vasos.

El tanque principal de petróleo utiliza vapor a través de un serpentín en su interior para aumentar la temperatura del petróleo no. 6 con lo cual disminuye su viscosidad y el mismo es bombeado sin dificultad.

La caldera Cleaver Brooks tiene capacidad hasta 600 BHP y de suministrar 20,700 lb vapor / hora. La manera para verificar si la caldera genera el vapor necesario para satisfacer la demanda de vapor que el proceso para elaborar sopas exige es:

- Establecer el consumo de vapor de cada equipo
- Adicionar un factor por pérdidas: considerando calentamiento de equipos, fugas, caídas de presión en tubería.
- Considerar un porcentaje por futuras ampliaciones

Al sumar los tres incisos anteriores obtendremos el consumo de vapor requerido por la planta de sopas y vasos, el cual debe ser menor a 20,700 lb vapor / hora.

Con el fin de establecer el consumo de vapor de cada equipo, se realizaron visitas a la planta para obtener los datos necesarios y de esta manera determinar el consumo individual de vapor de los equipos. En el recorrido a la planta se contó con la presencia del Ingeniero encargado de la planta y para proporcionar información un poco más específica de los equipos estuvieron presentes operadores y el encargado de la caldera. La información proporcionada fue recopilada y evaluada, sin embargo, parte de la misma no son datos reales debido a que ciertos equipos no tienen ningún instrumento de medición y/o lectura que proporcione información precisa y confiable, la información para dichos equipos fue establecida a criterio y experiencia del personal. Además, los equipos no tienen plaqueta en donde el fabricante indique la información técnica básica del mismo y no se cuentan con manuales de dichos equipos.

Por lo mencionado con anterioridad no se pudo establecer el consumo real de vapor y no es posible hacer una comparación objetiva entre la demanda de vapor real de la planta y la capacidad de generación de vapor de la caldera. Sin embargo, se puede afirmar que la caldera suministra el vapor necesario ya que actualmente los equipos funcionan adecuadamente, la planta ha operado por mas de 2 años con la caldera de 600 BHP y hasta la fecha no se ha presentado problema alguno relacionado a la insuficiencia en la producción y generación de vapor.

2. CONCEPTOS SOBRE CALDERAS PIROTUBULARES

2.1. Definición

El término caldera se aplica a un equipo diseñado y construido para generar vapor a presión, que puede hacer producir fuerza en procesos industriales, calefacción, esterilización, etc. En una definición técnica, se comprende como caldera únicamente al cuerpo (shell), que forma el recipiente y las superficies de calefacción, pero con los diseños actuales la definición incluye al conjunto del quemador y el hogar (cámara de fuego).

2.2. Clasificación

Existen varios métodos para clasificar las calderas, algunos de ellos de acuerdo con:

- Su uso: estacionaria, portátil, locomotora y masiva,
- La posición de los gases de combustión: de tubos de fuego y tubos de agua,
- La posición del eje principal: tubos rectos y tubos curvados,
- Métodos de ensamble: ensamblada en la fábrica, en el lugar y caldera de paquete o unitaria.

En general, las calderas solo se dividen en dos grandes grupos:

- Calderas de tubos de fuego: en estas calderas los gases calientes pasan a través de tubos rodeados de grandes volúmenes de agua. Estas calderas pueden ser a su vez de tubos horizontales y tubos verticales.

- Calderas de tubos de agua: en estas calderas los gases calientes, resultantes de la combustión, circulan alrededor de tubos que contienen agua. Las calderas de tubos de agua pueden ser de tubos rectos y de tubos doblados o curvos.

2.3. Cómo seleccionar una caldera

Para la correcta selección de una caldera deben tomarse en consideración las siguientes condiciones:

- capacidad de generación real de vapor bajo las condiciones de operación de la planta,
- rendimiento térmico (eficiencia porcentual),
- características de trabajo a efectuar. Presión requerida, fluctuaciones en la demanda de vapor, etc.

Se ha convenido que la capacidad de generación de vapor de una caldera se mide por su capacidad de evaporación horaria tomando como unidad 34.5 libras por hora desde y a 212 °F a presión atmosférica a nivel del mar. A esta unidad se le da el nombre de BHP (caballos de fuerza caldera o Boiler Horse Power por sus siglas en inglés). Los BHP se determinan por la siguiente fórmula:

$$BHP = \frac{W(hg - hf)}{34.5 * 970.3} = \frac{W(hg - hf)}{33475}$$

En donde:

W: cantidad de vapor que debe realmente generarse en lb/hr.

hg: entalpía de vapor saturado BTU/lb a la presión absoluta de generación (lb/plg).

hf: entalpía del agua de alimentación en condiciones de operación.

970.3: calor latente de evaporación para convertir 1 lb de agua en 1 lb de vapor desde y a 212 °F a presión atmosférica a nivel del mar. BTU/lb.

34.5: lb vapor/hora por BHP, desde y a 212°F a presión atmosférica y a nivel del mar.

BHP: caballos de fuerza caldera, equivalente a 33475 BTU/hr.

2.4. Componentes de una caldera

2.4.1. Cámara de agua

Lo comprende el cuerpo de la caldera, comúnmente llamado Shell, herméticamente sellado que aloja el agua necesaria para la generación de vapor, a un nivel determinado por un guarda – nivel.

2.4.2. Cámara de vapor

Es la parte superior interna de la caldera, permite el alojamiento del vapor generado por diferencia de densidades con el agua, ejerciendo una presión que en cualquier momento puede ser controlada.

2.4.3. Registros de mano (hand hole)

Son agujeros en forma ovalada que permiten realizar inspecciones y limpieza del lado del agua, se localizan en lugares que permiten tales acciones.

2.4.4. Registros de hombre (man hole)

Son agujeros que se encuentran en la parte superior del cuerpo de la caldera y permiten realizar inspecciones y limpieza dentro de la cámara de agua. Estos agujeros son grandes, de manera que un hombre quepa dentro del mismo

2.4.5. Tortugas

Son las tapaderas de los registros, las que permiten, por medio de empaques, un sellado hermético del lado del agua.

2.4.6. Válvulas de purga

Permiten extraer los sedimentos y natas que se encuentran en el agua de caldera, que son demasiado dañadas para la misma, se localizan en la parte inferior del cuerpo de la caldera, conexión inferior del guarda – nivel y a la altura del nivel del agua.

2.4.7. Hogar

Lugar donde se origina la combustión, irradiando luz y calor a las superficies de calefacción, para ser transmitido a la cámara de agua.

2.4.8. Tubos de fuego

Conocidos también como tubos de humo, permiten la circulación de los gases de combustión en el lado de fuego, constituyen parte del área de calefacción.

2.4.9. Chimenea

Es un conducto para la evacuación de humos y gases procedentes de la combustión. Su funcionamiento consiste en provocar una depresión (tiro) entre la entrada y la salida de la chimenea, para que se establezca una corriente de aire; así mismo, la depresión contribuye a la activación de la combustión.

2.4.10. Superficie de calefacción

Lo constituyen todas aquellas áreas que por un lado están en contacto con el agua y por el otro con el fuego, permiten la transferencia de calor del lado de fuego al lado del agua, básicamente las constituyen los espejos y los tubos de fuego o humo.

2.4.11. Espejos

Partes que sirven de soporte para las bocas de los tubos de fuego, parte anterior y posterior del cuerpo de la caldera, internamente pueden ser vistos únicamente con la caldera abierta por el lado de fuego.

2.4.12. Deflectores

Conocidos también con el nombre de separadores de calor o manparas, permite el cambio de dirección de los gases en la cámara de combustión, conduciéndolos directamente a la chimenea.

2.4.13. Pasos

Cambio de dirección que sufren los gases de combustión dentro de la cámara de combustión, pudiendo ser las calderas normalmente de uno, dos, tres y cuatro pasos.

2.4.14. Tiro

Depresión que contribuye al paso de los gases de combustión a través de la caldera. Tiro es el sistema por medio del cual la caldera se deshace de los gases de la combustión con el fin de que no se acumulen en el interior.

2.4.15. Puertas

Permite el libre acceso al lado de fuego para su inspección y limpieza, además de permitir un sellado hermético, por medio de empaques, con el cuerpo de la caldera y poder evitar fugas de los gases de combustión.

2.4.16. Mirillas

Por medio de ellas se visualiza fácilmente desde el exterior, la combustión durante el funcionamiento de la caldera.

2.4.17. Quemador

Conjunto de piezas que permiten visualizar la combustión, entre estas tenemos: boquillas, porta boquillas, difusor, cañón, electrodos de ignición, porta electrodos de ignición, cables de ignición, transformador de ignición, bomba de combustible, entre otras; dichas piezas pueden o no estar en un solo bloque, dependiendo del diseño del fabricante, sin embargo, siempre trabajan relacionadas unas con otras.

2.5. Instrumentos de medición

Estos instrumentos nos ayudan a medir las variables de interés, es decir, nos proporcionan las lecturas necesarias para verificar si dichas lecturas se encuentran entre los rangos permisibles.

2.5.1. Manómetros

Permiten tomar lecturas de la presión del agua de alimentación, combustible y vapor en la caldera. El rango de lectura en los manómetros los podemos encontrar en psi (libras por pulgadas cuadradas) o en bar, $1 \text{ bar} = 14.7 \text{ psi}$. Estos manómetros deben estar capacitados para medir como mínimo 75 psi más que la presión de trabajo, por ejemplo si tenemos una caldera que trabaja a una presión de 100 psi, el rango de lectura del manómetro de vapor debe tener como mínimo 175 psi, para evitar que se deteriore rápidamente.

Los manómetros deben ser conectados a un sifón (rabo de cochino), para evitar que se dañe el mecanismo que permite el moviendo de la aguja indicadora, por la acción directa del fluido en donde mide la presión, sea cual fuere.

2.5.2. Termómetros

Permiten tomar lecturas de la temperatura del tanque de condensado, combustible y gases en la chimenea, pueden ser en escalas de grados centígrados o Fahrenheit.

2.6. Instrumentos de seguridad y operación

Por medio de estos instrumentos la caldera opera bajo sistemas confiables y parámetros que se pueden controlar para la seguridad en el funcionamiento de la misma y del personal. Estos instrumentos son ajustables a los requerimientos del proceso.

2.6.1. Fococelda

Está ubicada en forma direccional hacia la cámara de combustión, en donde se origina la llama, se encarga de detectar la misma, en caso contrario interrumpe el funcionamiento de la caldera haciendo sonar la alarma indicando falla de llama.

2.6.2. Control de presión de vapor (Presuretrol)

Permite mantener la presión de vapor en sus límites de operación alto y bajo, por medio de una juego de resortes y levas en conjunto con una cápsula de mercurio como interruptor eléctrico. Es necesario que toda caldera tenga un control de presión auxiliar, el que debe estar ajustado a un mínimo de 10% arriba del primero.

2.6.3. Control de combustión

Suministrado en calderas equipadas con sistema de modulación de fuego bajo a fuego alto, el cual permite que el ciclo de funcionamiento empiece en fuego bajo alcanzada una determinada presión pase a fuego alto.

2.6.4. Control de nivel de agua

Conocido comúnmente como Mc. Donell y Miller, se encarga de mantener el nivel de agua dentro de la caldera en sus límites de operación. Funciona por medio de un flote colocado en un diafragma en donde están colocadas dos cápsulas de mercurio; una de dos contactos que permite el funcionamiento de la bomba de alimentación de agua cuando el nivel ha bajado dentro de la caldera y la desconecta cuando a llegado a su nivel de trabajo y, otra, de tres contactos que, en caso el nivel de agua baje más allá de lo permitido, interrumpe el funcionamiento de la caldera, haciendo sonar la alarma por falta de agua.

2.6.5. Válvula de seguridad

Colocada en la parte superior de la caldera, sirve para desahogar, en caso necesario, el exceso de vapor generado, ocasionando por una falla en el control de presión de vapor. La capacidad de desahogo deberá ser 16% mayor que la capacidad de generación de vapor de la caldera (dado en libras de vapor / hora). Debe estar calibrada (seteada) a un máximo de 10% más alto que la presión de trabajo. En calderas que tienen una válvula de seguridad adicional, ésta debe setearse a 3% más alto que la primera.

2.6.6. Programador

Dispositivo electrónico que controla la secuencia automática de operación de la caldera.

2.6.7. Control Modulador

En las calderas de vapor se refiere al que controla la presión de vapor, es el responsable de controlar al motor modulador durante la operación del quemador.

2.6.8. Válvula de flujo de combustible

Esta válvula regula el flujo del combustible al quemador para satisfacer las demandas de carga.

3. SALA DE CALDERAS: DIMENSIONES Y EQUIPOS AUXILIARES

3.1. Sala de calderas

Se le denomina así al espacio físico en una fábrica o planta industrial previsto para la instalación y montaje de la (s) caldera (s), así como de sus equipos auxiliares, tales como: bombas de agua, tanque de petróleo, chimenea, equipo de tratamiento de agua para caldera, entre otros.

3.1.1. Dimensiones mínimas

Las dimensiones mínimas para una sala de calderas son determinadas físicamente de acuerdo a las características de la caldera misma y de los equipos auxiliares que en ella se encuentren, esto debido a la distribución de la maquinaria en el lugar. La sala de calderas debe tener los espacios necesarios para que el personal se movilice sin mayor problema en sus labores cotidianas, así como al brindar el mantenimiento a la caldera o realizar un paro prolongado.

Para las dimensiones de la sala de calderas de la fábrica dedicada a la producción de sopas instantáneas se tomo en cuenta lo siguiente:

- Para el largo de la sala de calderas se consideró el espacio para abrir la puerta trasera y espacio respectivo para sacar los tubos por la parte frontal, también se consideró espacio pertinente para futuras ampliaciones o reemplazo de tubería.
- Para el ancho de la sala de calderas se tomó en cuenta la recomendación de Cleaver Brooks, la cual consiste en dejar al menos entre la pared y la columna de agua de la caldera un pasillo de 8 pies y 6 pulgadas. Además se consideró el

espacio pertinente para la instalación del tanque de petróleo diario, bombas para el tanque de petróleo diario, y otros equipos.

- La altura de la sala de calderas se basa en la altura de la caldera, la cual es 10 pies y 8 pulgadas (Tabla VI, página 5).

3.1.2. Condiciones en general

La sala de calderas se encuentra ubicada fuera de la planta de producción y la estructura es independiente a esta. La estructura es metálica, techada con lámina galvanizada, tiene una pared perimetral de block de 13.12 pies de altura y el piso es de cemento. La parte frontal de esta sala no cuenta con puertas o pared, por lo que desde afuera se aprecia a plenitud la caldera y equipos auxiliares; esto permite que aire fresco este circulando siempre por el área, lo cual contribuye a que los equipos no se recalienten y que el aire para combustión sea bueno. La sala de calderas tiene la amplitud suficiente para permitir, en forma segura, todos los trabajos de operación, mantenimiento, inspección y reparación. La seguridad industrial en la sala de calderas es de importancia, ya que por medio de la misma se evitarán gran cantidad de accidentes, es necesario que las siguientes normas en especial se cumplan:

- Mantener bolsas de arena seca cernida.
- No mover de lugar los extintores.
- Restringir el paso de personas a la sala de calderas.
- Mantener la sala de caldera limpia.
- Evitar el almacenaje de papel, madera y productos inflamables en la sala de calderas.
- Las salidas de la sala de calderas deberán estar siempre libre de cualquier obstrucción.

Figura 3. Vista planta de la sala de calderas



DESCRIPCION DE EQUIPOS

- A. EQUIPO TRATAMIENTO DE AGUA
- B. TANQUE DE CONDENSADO
- C. BOMBAS DE AGUA
- D. MANIFOLD
- E. CALDERA "A"
- F. CALDERA EN ESTUDIO
- G. BOMBAS DE PETROLEO NO. 6
- H. COMPRESOR DE AIRE
- I. GENERADOR ELECTRICO
- J. TANQUE DIARIO DE PETROLEO NO. 6
- K. TANQUE GAS PROPANO
- L. TANQUE PRINCIPAL PETROLEO NO. 6 "A"
- M. TANQUE PRINCIPAL PETROLEO NO. 6 "B"
- N. TANQUE DE ALMACENAMIENTO DIESEL

3.2. Bombas de agua

Uno de los factores principales para la operación óptima de una caldera es el de contar con un sistema de suministro de agua, el cual sea adecuado para cada caso en particular. Esto debido a que es indispensable mantener un nivel de agua constante en el interior de la caldera para que no ocurra un siniestro o falla en algunas de las partes. La función de la bomba de agua es de succionar agua tratada del tanque de condensado e inyectar el agua requerida a la caldera para la generación de vapor.

La tubería utilizada es de hierro negro para servicio mediano para roscar, el diámetro de la tubería lo establece la salida de la bomba de agua y la entrada a la caldera del agua de alimentación. La tubería se instaló de manera que está lo más directa posible para evitar cambios de dirección innecesarios que aumenten las pérdidas y se utilizaron el menor número de accesorios por la misma razón.

Los accesorios instalados son:

- Dos válvulas de compuerta: una inmediata a la caldera y la otra se coloca después de la válvula de retención de la bomba de agua. Estas válvulas son de bronce. Se utiliza este tipo de válvula porque no hay necesidad de restringir el flujo y porque producen menos pérdidas por fricción.
- Dos válvulas de retención: una se instaló inmediata a la salida de la bomba y la otra antes de la válvula de compuerta que está próxima a la caldera.
- Se utilizan codos de radio largo para disminuir las pérdidas por fricción.
- Uniones universales son colocadas cerca de las válvulas de compuerta y de retención.

Para elegir la bomba de agua adecuada para la caldera Cleaver Brooks de 600 BHP es necesario determinar la capacidad de dicha bomba, es decir, determinar la

cantidad de galones de agua por minuto que la bomba tiene que inyectar a la caldera. Empleando la siguiente fórmula determinaremos la capacidad necesaria de la bomba:

$$CB = \frac{4.14 * BHP}{60}$$

Donde:

CB: Capacidad de la bomba de agua

BHP: Caballos de fuerza de la caldera

Aplicando la fórmula anterior y considerando que la caldera es de 600 BHP:

$$CB = \frac{4.14 * 600}{60}$$
$$CB = 41.40 \frac{gal}{min}$$

Sabiendo que necesitamos inyectar 41.40 gal/min a la caldera a una presión de 150 psi, buscamos en el catálogo del fabricante la bomba de agua que se adecue a estos requisitos.

3.3. Tanque de petróleo

Para cumplir con el suministro de combustible que demanda la caldera en su período de operación, existe dos tipos de tanques instalados: el tanque de suministro diario de combustible y el tanque principal en donde se almacena el aceite pesado no. 6, que a su vez alimenta al tanque de suministro diario.

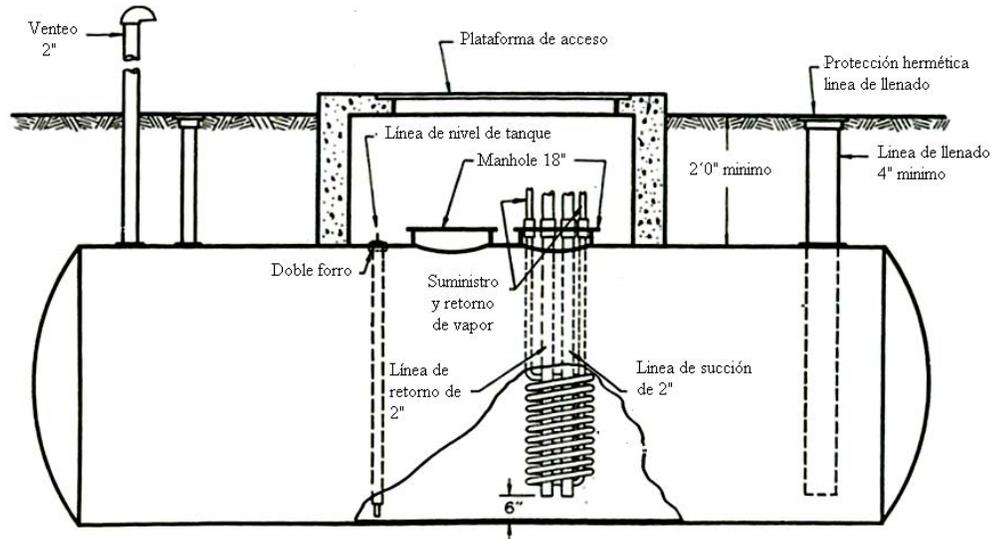
El tanque de suministro diario de combustible es de forma cilíndrica con capacidad de 300 galones, este tanque no esta dentro de la sala de calderas pero se encuentra instalado en un lugar inmediato a la caldera (ver figura 3). Cuenta con una

bomba de desplazamiento positivo de $\frac{3}{4}$ hp, la cual succiona combustible de dicho tanque y lo suministra a la caldera para la generación de la combustión. Este tanque provee de combustible a la caldera y en su interior hay un flote que cuando censa bajo nivel de aceite pesado no. 6 automáticamente succiona combustible del tanque principal.

El tanque principal esta conformado por dos tanques de almacenamiento, construidos de manera subterránea, con capacidad de 13400 galones cada uno. Estos tanques están instalados uno a la par del otro en una fosa de 26.5 pies de ancho, 39.5 pies de largo y 20 pies de profundidad. Debido a que el combustible que se usa es muy viscoso cuando este esta a una temperatura baja, es necesario calentar el aceite pesado almacenado en el tanque, en la parte superior de cada tanque hay un man hole de 18 pulgadas de diámetro (ver figura 4), en el cual ingresan 4 tubos, dos de ellos son de 2 pulgadas de diámetro, uno se utiliza para la succión y otro para la línea de retorno de combustible, en los otros dos tubos que son de 1 pulgada de diámetro circula vapor proveniente de la caldera y es este el medio utilizado para calentar el aceite pesado no. 6 para que el mismo este menos viscoso y fluya sin problema por la línea de succión. Debido a que el tanque principal es subterráneo, se instaló una válvula de retención en la línea de succión en el tramo horizontal.

El tanque principal de petróleo debe mantenerse a una temperatura entre 130 °F y 140 °F para que el combustible que será bombeado tenga la viscosidad adecuada y la bomba no tenga problemas en la succión. La línea de venteo tiene un diámetro de 2" y la misma se instala de 9.84 a 16.4 pies (3 a 5 metros) sobre el nivel del suelo.

Figura 4. Tanque principal de aceite pesado no. 6



3.3.1 Requisitos para licencia de almacenaje

Es necesario contar con una licencia que autorice el almacenamiento de productos derivados del petróleo, dicha licencia es otorgada por el Ministerio de Energía y Minas con el aval de la Dirección General de Hidrocarburos. La licencia que se extiende debe contar con los requisitos para la autorización de licencias de almacenamiento (terminales, plantas y depósitos) para petróleo y productos petroleros. Es necesario presentar solicitud dirigida al Señor Director General de Hidrocarburos, indicando datos generales de la persona individual o sociedad solicitante, actividad a la que se dedica y datos del propietario o Representante Legal de la mismas; dirección y teléfono para notificaciones; dirección y ubicación correcta del terreno donde se instalará la Terminal, Planta o Depósito de almacenamiento. En esta sección se describe la guía para solicitar la licencia, sin embargo para mayores detalles y datos es necesario

consultar el Reglamento de la Ley de Comercialización de Hidrocarburos, Acuerdo Gubernativo Número 522-99 (Artículos 14, 15 y 16) publicado el 21 de julio de 1999.

3.3.1.1 Documentos que acompañan la solicitud

Se deben presentar los siguientes documentos autenticados para acompañar la solicitud:

- Escritura Pública de Constitución de Sociedad, para sociedades.
- Patente de Comercio, para persona individual o sociedades.
- Patente de Sociedad, para sociedades.
- Certificaciones del Registro Mercantil o sello del mismo, para verificar si la sociedad y su representante están debidamente inscritos.
- Nombramiento del Representante Legal o Gerente, para sociedad.
- Cédula de vecindad o Pasaporte, para persona individual o sociedades
- Constancia de inscripción como contribuyente en SAT (número de NIT), para persona individual o sociedades.
- Testimonio de la Escritura Pública por medio de la cual se acredita la propiedad o contrato de arrendamiento del terreno destinado para la Terminal, Planta o Depósito, para persona individual o sociedades.

3.3.1.2 Información anexa

Adicionalmente a los documentos que anteriormente se describieron, es necesario adjuntar a la solicitud lo siguiente:

- Resolución de aprobación de la autoridad ambiental, del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de almacenamiento. (Requisito sólo para almacenamiento mayor a 40,000 galones (Terminales y Plantas).
- Descripción general del Proyecto. (Terminal, Planta o Depósito de Almacenamiento).

- Nombre, volumen mensual, procedencia, destino final de los productos a almacenar.
- Indicar si el Almacenamiento será utilizado para Consumo Propio o Comercialización (Venta al Público).
- Número, capacidad de los tanques a instalar y producto a almacenar.
- Programa de desarrollo del Proyecto: fases de avance de obra, pruebas de funcionamiento, etapas de puesta en servicio.
- Especificaciones técnicas, de seguridad industrial y ambiental a utilizar en el Proyecto: Descripción de los equipos, materiales, tipo de las instalaciones, normas y métodos nacionales o internacionales a utilizar, procedimientos de seguridad industrial y ambiental a utilizarse en las operaciones y mantenimiento; plan de seguridad, plan de contingencias; programa de mantenimiento preventivo y correctivo; análisis de riesgos, justificación del Proyecto, firmado por el Representante Legal, indicando que lo anterior es suficiente y adecuado para garantizar la seguridad del Proyecto.
- Planos del Proyecto (6): Plano de Ubicación del terreno donde se instalará el proyecto, formato ICAITI A2, Plano de Localización del proyecto (planta general bien detallada), formato ICAITI A1, Plano de Detalles Técnicos (tanques, tuberías, racks, equipos, accesorios), formato ICAITI A1, firmados y timbrados por Ing. Civil Colegiado activo; Plano de Localización del equipo de seguridad industrial y ambiental (tanques de almacenamiento de agua, equipos y tuberías contra incendios; equipos de recuperación, tratamiento de emanaciones y muros, rejillas, separador API para prevención y mitigación de derrames, formato ICAITI A1, firmado y timbrado con Ing. Civil colegiado activo en caso de Gasolineras y Consumos Propios, Ing. Industrial colegiado activo en caso de Terminales y Plantas de Almacenamiento; Plano de Instalaciones Eléctricas (Acometida, redes de suministro de energía eléctrica, instalaciones, equipos alternos de energía eléctrica, detalles de puestas a tierra, sistema de protección catódica a

tanques), formato ICAITI A1, firmado y timbrado por Ing. Eléctrico, colegiado activo; Plano de Diagrama simplificado de la red de recepción, almacenaje y despacho de Petróleo y Productos Petroleros a almacenar.(Diagrama de flujo indicando cada actividad) formato ICAITI A1, firmado y timbrado por Ing. Industrial colegiado activo.

3.3.2 Normas de seguridad en tanques de petróleo

El almacenamiento de los combustibles en forma correcta ayuda a evitar accidentes (lesiones o muertes) y se tiene un mejor control en las pérdidas, las cuales puedan ser reducidas, aunque no eliminadas, por las características propias de los productos del petróleo.

Una de las pérdidas que tienen mayor peso son las que se producen por variación de temperatura; la pintura de los tanques tiene una gran influencia para estas variaciones. Debido a que estos alcanzan alturas significativas, están expuestos a los rayos de las tormentas eléctricas y producto de su contenido (combustible), son flamables y pueden ocasionar accidentes lamentables. Sin embargo, hay un número definido de normas de seguridad las cuales deberán ser seguidas estrictamente para evitar lesiones serias o la muerte, así como también daños a la propiedad y pérdida en producto de almacenaje.

Ejemplos de medidas de seguridad fundamentales en el manejo en tanques de petróleo son las siguientes:

- No fumar o llevar materiales humeantes cerca de los tanques, excepto en lugares especiales autorizados para este fin. Es muy posible que haya materiales volátiles con bajo punto de inflamación presentes.
- No pisar o caminar sobre los techos de los tanques.

- Conservar la cara y la parte superior del cuerpo apartada cuando se abran las portezuelas del muestreador. Es muy posible que se produzca una emisión de gases acumulados y vapores al abrir la portezuela.
- Nunca, bajo ninguna circunstancia debe entrar a un tanque, salvo que esté usando ropa de seguridad y un dispositivo de respiración aprobado y haya otro operador presente afuera para avisar o auxiliar en caso necesario.
- En cuanto a las visitas, solo personas autorizadas por la Administración y no se permite la entrada a menores de edad.
- Se prohíbe la permanencia de animales en la planta.
- Se prohíbe entrar con fósforos, fosforeras, armas de fuego y linternas que no estén a prueba de explosión.
- Solo podrán introducirse cámaras fotográficas con autorización expresa de la Administración, y en el caso de su autorizo no podrán tener flash.
- Los vehículos automotores no podrán entrar en la planta: aquellos que no tengan el motor cubierto; no tengan las baterías cubiertas; cisternas sin cadenas conductoras de electricidad estática por lo menos de 2 eslabones tocando el pavimento, estando vacías.
- Conexión a tierra de tanques y equipos.

Los rayos pueden provocar situaciones peligrosas. Es necesario contemplar la protección cuando los tanques de almacenamiento sean abastecidos de petróleo No. 6, en dicha situación el camión que suministra el combustible debe tener una descarga segura a tierra, una débil o total falta de toma a tierra puede ser la causa de chispas y la posterior ignición de los vapores del producto circundante.

También se toman medidas específicas en cuanto a:

- Trabajo dentro de las plantas.
- Sistemas de drenaje, recolección y disposición de residuales.
- La unidad debe estar provista de botiquines.

- Operaciones nocturnas, que introducen riesgos adicionales de accidentes.
- Área de gases.
- Comprobaciones e inspecciones periódicas.
- Diagrama de flujo del sistema de tuberías.
- Carga de gasolina y otros productos volátiles.
- Altura de llenado de los tanques teniendo en cuenta su capacidad operacional para evitar reboses del producto.

El personal encargado de las mediciones debe estar el menor tiempo posible en el techo del tanque, lo que dificulta el trabajo preciso de la medición impidiéndola en ocasiones debido a la elevada concentración de gases.

3.4. Chimenea

Es el conducto para la evacuación de humos y gases procedentes de la combustión hacia un punto de descarga segura (atmósfera). Su funcionamiento consiste en provocar una depresión (tiro) entre la entrada y la salida de la chimenea, para que se establezca una corriente de aire; así mismo, la depresión contribuye a la activación de la combustión.

La chimenea está conectada a la caldera por medio del orificio donde se expulsan los gases, el cual tiene un diámetro de 24 pulgadas, la instalación de la chimenea es vertical y perpendicular a la caldera. El material de construcción es de hierro y tiene una altura de 32.8 pies, la altura de la chimenea no es la restricción para la construcción de la misma, sino el peso de esta, las chimeneas no deben pesar mas de 2000 libras, esta medida incluye los efectos del viento y los alambres de suspensión.

Normalmente, la temperatura del flujo de gas que sale de la caldera es de 125 °F más alta que la temperatura del vapor de agua en la caldera. El condensado en la chimenea ocurre cuando se dan condiciones de fuego intermitente o condiciones de chimenea fría lo que da como resultado la condensación del vapor de agua en el flujo de gas, esta condensación del agua acelera la corrosión del metal de la chimenea y sus bifurcaciones. La cantidad de condensado en la chimenea varía según el tipo de combustible y la temperatura de los gases. Para mantener condensados en cantidades mínimas la caldera debe ser utilizada según la presión y el caballaje para la cual fue diseñada, insular la chimenea ayuda a prevenir pérdidas de calor y la chimenea debe contar con la caja de registro para su limpieza y así evitar que el condensado vuelva hacia la caldera.

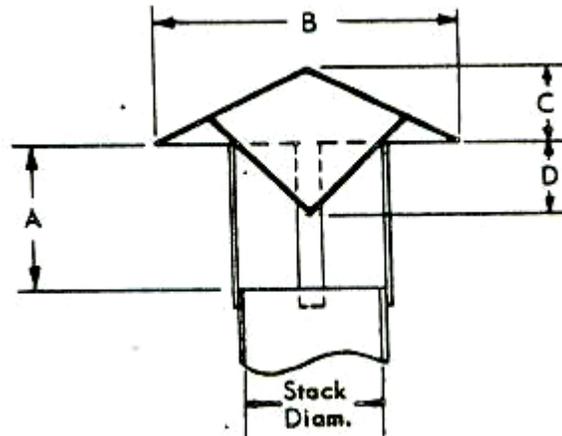
La chimenea cuenta con un sombrero colocado justo en la parte alta de la misma, este sombrero cumple la función de evitar que partículas no deseadas entren en la chimenea y causen problemas en la misma, principalmente se coloca para evitar que en tiempo de invierno el agua ingrese a la chimenea. En la tabla VIII y figura 5 se detallan las dimensiones para la construcción del sombrero.

**Tabla VIII. Dimensiones del sombrero
para la chimenea**

BHP	DIAMETRO CHIMENEA	A	B	C	D
600	24"	18"	48"	12"	12"

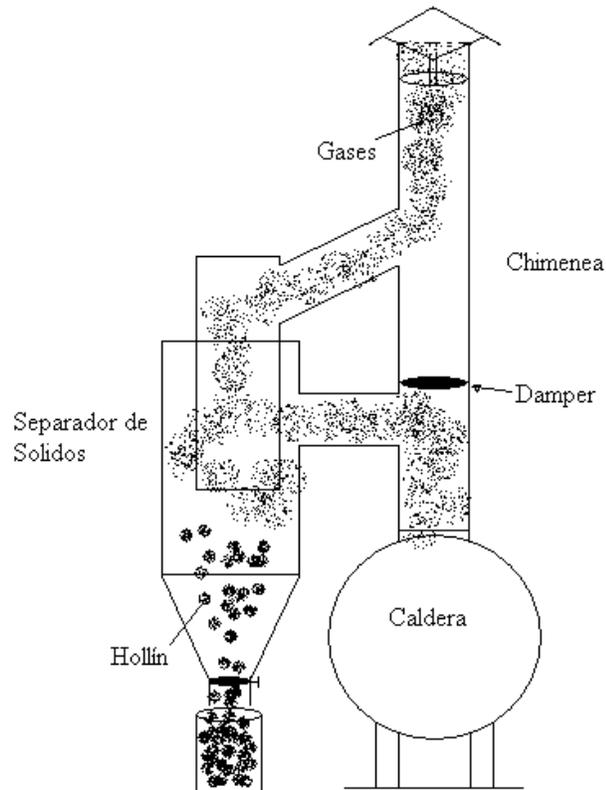
Fuente: Cleaver Brooks Steam Boilers 15 through 700 HP, Stacks

Figura 5. Sombrero para chimenea



El fabricante (Cleaver Brooks) recomienda una chimenea vertical, sin embargo, en Guatemala se utiliza el concepto de “separador de sólidos”. Este concepto trata sobre colocar un damper a cierta altura dentro de la chimenea, obligando a que los gases expulsados sean desviados hacia otra tubería, la descarga de dichos gases se realiza en un depósito destinado al almacenaje del hollín que se precipita por el choque de los gases con las paredes de la tubería. El hollín cae en un depósito y los gases siguen su curso ascendiendo y regresando de nuevo hacia la chimenea para ser descargados hacia la atmósfera. Esto se utiliza debido a que los combustibles utilizados en nuestro país producen hollín como subproducto de la combustión. Esta técnica es empleada por la empresa Unión de Servicios Industriales (USI, por sus siglas); el Sr. Mariano Martínez, quien es el gerente general de USI, indica que este concepto es funcional y le ha dado resultados eficientes en varias instalaciones. La figura 6 muestra el funcionamiento de un separador de sólidos.

Figura 6. Chimenea con separador de sólidos



3.5. Tubería

El medio de conducción y distribución del vapor es la tubería, la cual transporta el fluido a presiones altas que causan esfuerzos de trabajo sobre las paredes de los tubos. La adecuada disposición de la tubería da un buen aspecto a la instalación y tiene como fin reducir al mínimo las resistencias por fricción. En la instalación se encuentra una tubería principal de la cual otras de menor diámetro transportan el vapor hasta los equipos individuales.

Las tuberías se identifican por la clase de material, el tipo de unión, el diámetro nominal, el diámetro interior y la presión nominal de trabajo, de la que depende el espesor del material. La presión máxima de trabajo a la que la tubería podrá estar sometida será una fracción de la presión nominal; el valor fraccionado depende de la temperatura máxima que puede alcanzar el fluido conducido. Se utilizó tubería cédula 40 de hierro negro de 6 pulgadas de diámetro, a continuación la especificación dada por el fabricante de esta tubería.

Tabla IX. Especificaciones de tubería

DIAMETRO NOMINAL	CEDULA	DIAMETRO EXTERIOR	DIAMETRO INTERIOR	ESPESOR	PESO Kg x m
6"	40	6.625"	6.065"	0.280"	28.230
	80	6.625"	5.761"	0.432"	42.517
	120	6.625"	5.501"	0.562"	54.154
	160	6.625"	5.189"	0.718"	67.414
	XXS	6.625"	4.897"	0.864"	79.102

Fuente: Folleto Instalación de Tuberías y Accesorios de Vapor, Centro Educativo Laboral Kinal

3.5.1. Instalación de tubería

Antes del montaje, deberá comprobarse que la tubería no está rota, doblada, aplastada o de cualquier manera dañada. Las tuberías serán instaladas de forma ordenada, utilizando, siempre que sea posible, tres ejes perpendiculares entre sí y paralelos a los elementos estructurales del edificio, salvo las pendientes que deban darse a las tuberías. Las tuberías se instalarán lo más próximo posible a los paramentos, dejando únicamente el espacio suficiente para manipular el aislamiento térmico, válvulas, dilatadores, etc. Las tuberías, cualquiera se sea el fluido que transportan, se recomienda que se instalen siempre por debajo de las canalizaciones eléctricas debido a que si por alguna fuga la tubería gotea, el líquido caerá sobre los cables conductores de

electricidad y esto ocasionará algún problema. Las tuberías se instalarán siempre con el menor número posible de uniones; no se permitirá el aprovechamiento de recortes de tuberías en tramos rectos.

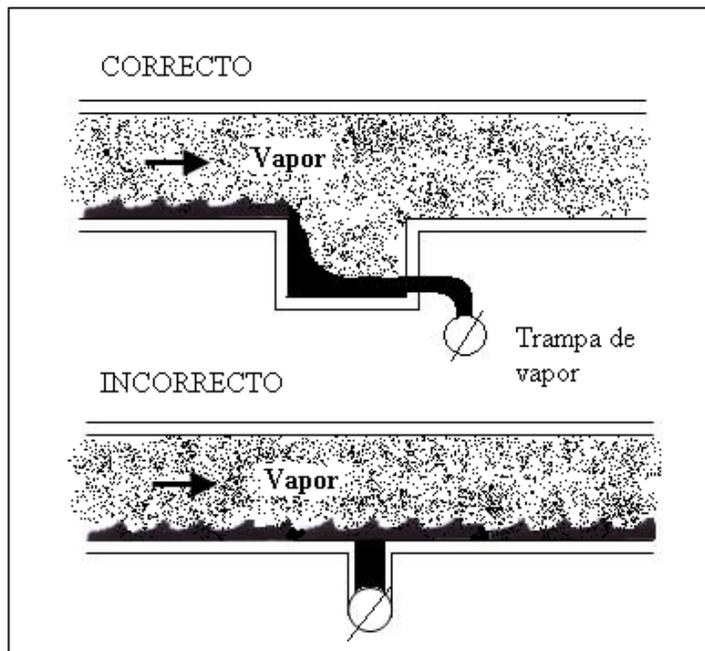
Un sistema de distribución de vapor dará mayores problemas que cualquier otro servicio de tuberías, ya que aquél contiene vapor y agua. Desde que el vapor sale de la caldera, parte empieza a condensarse de acuerdo a la pérdida de calor a través de la tubería; esta cantidad de condensado será más pesada al inicio de la operación. Las gotas de condensado pueden formar una masa voluminosa fluyendo a la velocidad del vapor ocasionando golpe de ariete, causando graves daños a la tubería y accesorios. El golpe de ariete será mayor si la tubería está muy inclinada. En codos hacia arriba la tubería puede llegar a inundarse acelerando la posibilidad de golpe de ariete, especialmente si no existe un drenaje de condensado con trampa en este punto; además, el área estrangulada de paso de vapor debido a la presencia de agua, origina una gran caída de presión.

Para una inclinación y drenajes adecuados, deben tomarse en cuenta los siguientes aspectos:

- Las líneas de vapor deberán ser colocadas con descenso en dirección del flujo. Un descenso de 1 ½ pulgada por cada 33 pies de longitud de tubería será suficiente, permitiendo esta inclinación que el condensado sea transportado fácilmente por el flujo de vapor hacia el punto de drenaje.
- En líneas de vapor saturado deberán colocarse drenajes a intervalos regulares. Las distancias entre estos drenajes dependerán del tamaño de la línea de vapor, localización y frecuencia de arranques, intervalos de 100 a 150 pies serán suficientes.
- Los drenajes son mas efectivos donde la tubería cambia de dirección.
- En tuberías rectas deberá hacerse un depósito colector en el punto de drenaje como se muestra en la figura 7.

- Las líneas secundarias deberán tomarse en la parte de arriba de la tubería principal de manera que sea transferido el vapor lo más seco posible. Cuando esta línea secundaria se envía a un nivel más bajo, deberá instalarse un drenaje con su respectiva trampa de vapor antes de utilizar este vapor en el equipo respectivo.

Figura 7. Depósito colector de condensado



La instalación de la tubería se hace en obra, es decir que las secciones se cortan a la medida y se van empalmando en el lugar de la instalación, esto debido a que los fabricantes de tubería han estandarizado su longitud en 19.68 pies (6 metros). La tubería se une mediante bridas, la brida soldada es muy utilizada debido a que permite efectuar labores de mantenimiento y ampliaciones con facilidad. La fabricación de estos elementos esta normada y es obligación del fabricante estampar la presión máxima de

trabajo que soportan, de igual forma para permitir el intercambio de bridas de diferentes fabricantes el número de barrenos de las bridas son siempre múltiplos de cuatro. Las bridas utilizadas para unir los tubos fueron bridas deslizantes, se denomina así debido a que el diámetro interior de las mismas coincide con el diámetro exterior de la tubería con cierta holgura lo que les permite deslizarse sobre la superficie exterior del tubo.

Las tuberías tienen que ser sostenidas entre los puntos que conectan, cuando no hay problema de dilatación el montaje es sencillo pues se emplean soportes con abrazaderas, varilla y un tensor el cual sujeta a la tubería. La tubería requiere que la instalación sea flexible. Una solución es dejar que la tubería que está suspendida por soportes tipo tirante se acomode aunque a veces este acomodamiento debe de ser confinado por condiciones particulares de la construcción para lo cual se ancla la tubería en ciertos puntos con lo cual la diferencia de la dilatación se controla. En los casos donde no hay espacio para que el tubo se acomode se intercalan juntas de dilatación, para lo cual debe conocerse la dilatación, que no es más que la diferencia entre la longitud final del tubo y la longitud inicial cuando el tubo está a temperatura ambiente. Se utilizan juntas de dilatación tipo fuelle debido a las condiciones del vapor. Otras juntas de dilatación utilizadas son: curva completa, es una vuelta completa en la tubería, la cual se instala preferiblemente en tubería horizontal, ya que en vertical el condensado ascendería; curva en U, tiene la misma aplicación que la curva completa; telescópica, utilizan poco espacio, pero requiere que la tubería esté bien anclada. La eficacia de las juntas de dilatación exige el anclaje de las tuberías en ciertos puntos, la solución es colocar un soporte formado de perfiles de acero y pernos en forma de U los cuales fijan la tubería sobre el soporte. Cuando la tubería es soportada por debajo, para no dificultar la dilatación los soportes están provistos de rodillos. Para el espaciamiento entre soportes se considera el tubo como una viga simplemente apoyada con carga uniforme distribuida, la cual estará formada por el peso del propio tubo y su contenido que en el caso de tuberías de vapor se consideran llenas con agua.

Figura 8. Diversos tipos de soportes

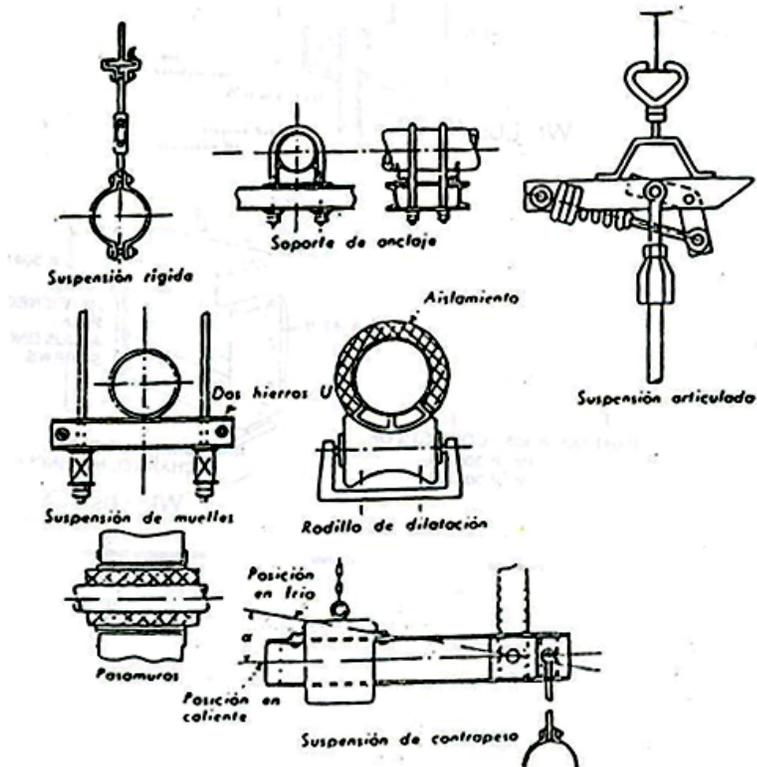
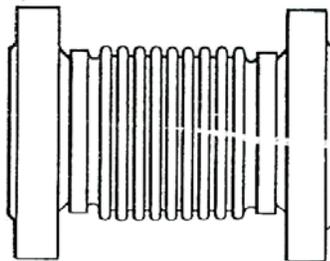


Figura 9. Junta de dilatación tipo fuelle



3.5.2. Manejo de condensado

Cuando la válvula de salida de la caldera se abre, el vapor sale inmediatamente hacia la tubería de distribución. Puesto que ésta, está fría, el vapor le transmitirá calor. El aire que rodea las tuberías también está mas frío que el vapor, con lo cual el sistema a medida que se calienta empieza a irradiar calor al aire. Esta pérdida de calor a la atmósfera provoca que una parte del vapor condense. El agua formada por condensación cae a la parte baja de la tubería y circula empujada por el flujo de vapor hasta los puntos bajos de la tubería de distribución. Cuando una válvula de un aparato consumidor de vapor abre, este vapor que procede del sistema de distribución entra en el equipo y vuelve a ponerse en contacto con superficies mas frías, cede su entalpía de evaporación y condensa. Se establece un flujo de vapor que sale de la caldera, para poderlo suministrar se debe generar vapor continuamente, por ello, se inyecta combustible al horno y se bombea agua a la caldera para compensar la que se evapora. El condensado que se forma en las tuberías de distribución y en los equipos de proceso se utiliza como agua de alimentación a la caldera.

El vapor que se condensa debe manejarse de forma adecuada, ya sea de regreso a la caldera o al drenaje, el condensado tiene dos calidades importantes y de interés desde el punto de vista de eficiencia. Primero, contiene calor en una cantidad que puede ser importante comparada con el calor total del vapor. Segundo, el condensado es agua limpia y ya tratada, sin sólidos disueltos, con excepción de los que arrastra en su flujo a través de la tubería. El manejo adecuado del mismo lleva al aprovechamiento del calor y al aumento de la eficiencia total del sistema de vapor. El retorno de condensado implica tres ahorros:

- Ahorro en combustible debido a su calor sensible.
- Ahorro en químicos de tratamiento del agua que entra a la caldera.
- Ahorro en combustible debido a la reducción de la purga necesaria para mantener un nivel adecuado de sólidos disueltos en la caldera.

Una ineficiente remoción del condensado de un sistema de vapor incrementa los costos por concepto de energía, por las razones siguientes:

- La presencia del condensado enfría el vapor disminuyendo el calor sensible del mismo lo que se traduce en una reducción en el aprovechamiento de calor.
- La presencia del condensado en una tubería reduce el área de transmisión de calor, lo que se traduce en una baja en el calor aprovechado.
- La no remoción del condensado de una línea de vapor puede dañar accesorios tales como válvulas, codos, bridas, equipos, etc, debido al golpe de ariete, que es causado cuando una porción del condensado queda atrapado entre una corriente de vapor que empuja a gran velocidad esta porción, golpeando cualquier accesorio o equipo que se encuentre en la línea.

3.5.3. Aislamiento

El aislamiento térmico empleado en la tubería es fibra de vidrio, el mismo deberá cumplir las siguientes funciones:

- Reducir la transmisión de calor entre el fluido y el ambiente, con el fin de ahorrar energía.
- Evitar la formación de condensaciones, que podrían dañar la superficie sobre la que se producen.
- Proteger contra contactos accidentales con superficies a temperatura elevada.

Cuando la temperatura en algún punto de la masa del aislamiento térmico pueda descender por debajo del punto de rocío del aire del ambiente, con consecuente formación de condensaciones, la cara exterior del aislamiento deberá estar protegida por una barrera antivapor. El aislamiento no podrá quedar interrumpido en correspondencia del paso de elementos estructurales del edificio, el manguito pasamuros deberá tener las

dimensiones suficientes para que pase la conducción con su aislamiento, con una holgura máxima de 7.62 pulgadas (3 cm). Tampoco se permitirá la interrupción del aislamiento térmico en correspondencia de los soportes de las conducciones, que podrán estar o no completamente envueltas por el material aislante. Las franjas y flechas que distinguen el tipo de fluido transportado en el interior de las conducciones y el sentido del flujo se pintarán sobre la superficie exterior del aislamiento.

Los materiales aislantes se identifican en base a las siguientes características:

- Conductividad térmica.
- Densidad aparente.
- Permeabilidad al vapor de agua.
- Absorción de agua por volumen o peso.
- Propiedades mecánicas; resistencia o compresión y flexión, módulo de elasticidad.
- Envejecimiento ante la presencia de humedad, calor y radiaciones.
- Coeficiente de dilatación.
- Comportamiento frente a parásitos, agentes químicos y fuego.

El fabricante del material aislante garantizará las características de conductividad, densidad aparente, permeabilidad al vapor de agua y todas las demás, antes mencionadas mediante etiquetas o marcas. El aislamiento térmico de tuberías aéreas o empotradas deberá realizarse siempre con coquillas. El aislamiento se adherirá perfectamente a la tubería, para ello, las coquillas se atarán con venda y sucesivamente con pletinas galvanizadas (se prohíbe el uso de alambre que penetraría en la coquilla cortándola). Las curvas y codos se realizarán con trozos de coquilla cortados en forma de gajos. En ningún caso el aislamiento con coquillas presentará más de dos juntas longitudinales. Cuando la temperatura de servicio de la tubería sea inferior a la temperatura del ambiente, las coquillas deberán ser encoladas sobre la tubería y entre ellas, por medio de breas o productos especiales. Todos los accesorios de la red de

tuberías, como válvulas, bridas, dilatadores, etc., deberán cubrirse con el mismo nivel de aislamiento que la tubería, incluida la eventual barrera antivapor; el aislamiento será fácilmente desmontable para las operaciones de mantenimiento sin deterioro del material aislante

3.6. Cimentación para el montaje de la caldera Cleaver Brooks CB-LE de 600 BHP

Cleaver Brooks recomienda que el montaje de la caldera sea sobre dos rieles instalados debajo del marco base de la caldera, los cuales se alzan a 6” sobre el nivel del piso, esto se puede apreciar en las figuras 10 y 11, las medidas de dichos rieles se muestran en la tabla X. El piso sobre el cual se instala la caldera es un cimiento preparado especialmente para soportar las cargas que descansan sobre el mismo, las cuales son: peso de la caldera, el peso del agua de alimentación que se encuentra en la caldera y amortigua las vibraciones ocasionadas por la operación de la misma. La cimentación dependerá del tamaño de la caldera, la cual está relacionada con el peso de la misma y de ello dependerá el armado de la base el cual es concreto armado.

Tabla X. Dimensiones de rieles de soporte de concreto para montaje de la caldera

BHP	A	B	C	D	E	F	G	X
600	6”	13”	18’ 5”	52”	78”	7”	58”	24 ½ “

Fuente: Cleaver Brooks Steam Boilers 15 through 700 HP, Boiler Mounting Piers

Figura 10. Vista frontal de los rieles de soporte

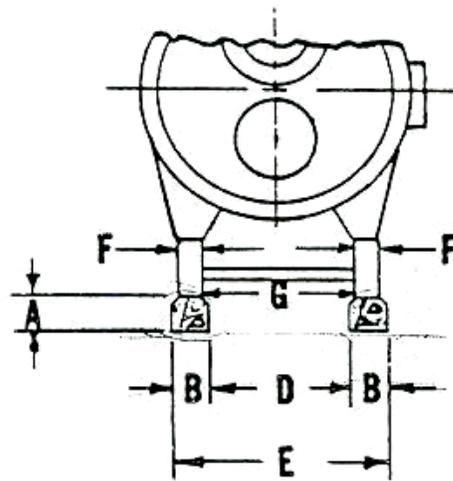
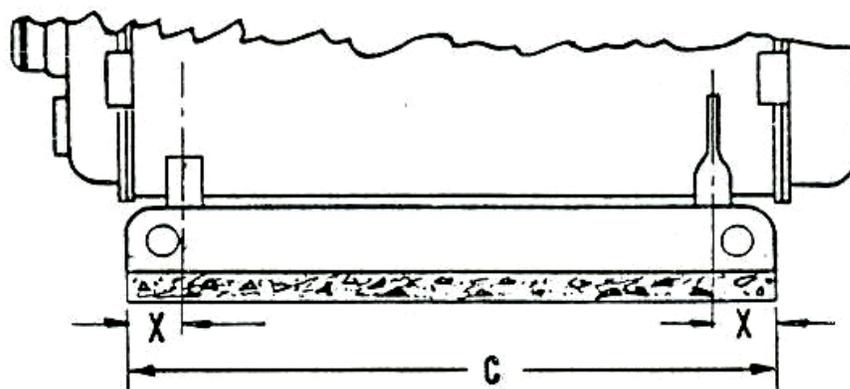


Figura 11. Vista lateral de los rieles de soporte



3.6.1. Cálculo de concreto armado

La superficie sobre la cual descansa los rieles de soporte para el montaje de la caldera es concreto armado o sea concreto que contiene acero de refuerzo adecuado, en el que ambos materiales actúan juntos para resistir los esfuerzos a los que sea sometido. El diseño de la cimentación toma como base ciertos parámetros, tales son:

- El cimiento debe ser el adecuado para soportar el peso de la caldera y el agua de alimentación el cual es de 46300 libras.
- Se toma como referencia para las dimensiones del cimiento los incisos E y C de la tabla X (dichos incisos determinarán el largo y ancho del cimiento).

El terreno sobre el cual se realizará la cimentación debe ser preparado anteriormente. Dicha preparación consistirá en un relleno compactado de tres capas las cuales son:

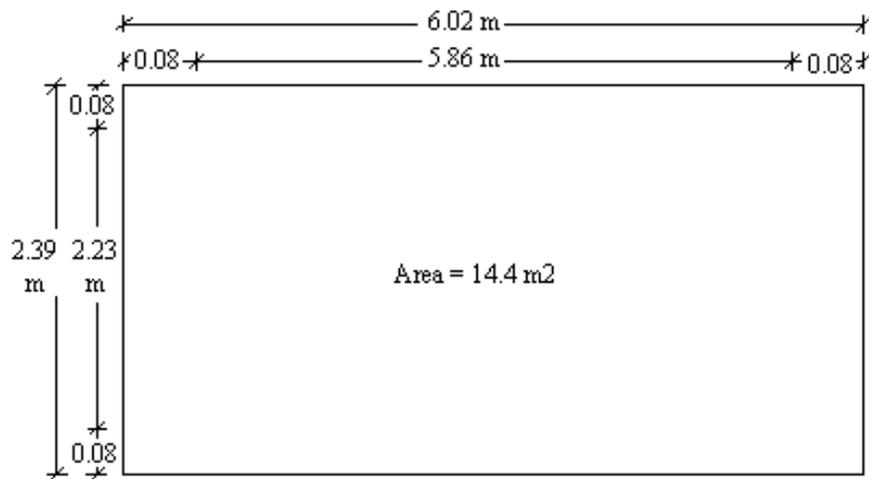
- Primera capa: 12.7" (5 cm) de material selecto, material que se mezcla con cemento y agua para producir concreto.
- Segunda capa: 12.7" (5 cm) de roca triturada y deberá estar formado de partículas duras, resistentes, duraderas, limpias y sin recubrimiento de materiales extraños. Este agregado grueso debe estar libre de partículas delgadas, planas o alargadas. Se utiliza piedrín de ½".
- Tercera capa: 12.7" (5 cm) de material selecto.

En base a las medidas de los incisos E y C de la tabla X se obtienen las siguientes dimensiones de la cimentación: 78" de ancho y 18' 5", sin embargo se adiciona 16" tanto al ancho como al largo, dejando un espacio de 8" de cada lado de las dimensiones, de manera que la cimentación no se realice donde terminen los rieles ya que esto puede provocar concentración de esfuerzos en las orillas de la cimentación y dichas cargas sean transmitidas al piso que esta alrededor de la misma, el piso de la sala

de calderas no esta diseñado para absorber grandes esfuerzos y soportar cargas, la cimentación cumple este fin. Por tanto, las dimensiones de la cimentación son: ancho 94” (2.39 m) y largo 237” (6.02 m).

El diseño de la cimentación y la cuantificación de materiales para la misma se harán con medidas basadas en el sistema internacional, esto debido a que en el mercado local todos los materiales los suministran en dimensiones basadas en dicho sistema.

Figura 12. Área de la cimentación



Lo siguiente consiste en la cuantificación de materiales para la cimentación:

1. Cuantificando concreto

El área de la cimentación se calcula multiplicando largo por el ancho, de la figura 7 obtenemos:

$$\text{Área} = 14.4 \text{ m}^2$$

Debido a las cargas que soportará la cimentación se calcula un espesor de 30 cm, multiplicando el área por el espesor (0.30 m) obtenemos el volumen de concreto el cual es de 4.32 m^3 , sin embargo tomamos en cuenta un 10% adicional al

volumen debido a pérdidas o desperdicios. La cantidad de concreto que llevara la cimentación es de:

$$\text{Volumen} = 4.75\text{m}^3$$

2. Cuantificando materiales

Los materiales se refieren a los necesarios para hacer concreto, los cuales son: cemento, arena y pedrín. Para realizar el cálculo de estos materiales nos basamos en los datos de la tabla XI, los datos a emplear son para usos de obras fabriles y fundiciones de maquinaria pesada.

Tabla XI. Cantidad de materiales para 1 m³ de concreto fraguado

PROPORCION			C	A	P	AGUA	USOS
C	A	P	SACOS	M3	M3	GAL	
1	1 ½	3	9.8	0.42	0.84	44	Obras hidráulicas, tanques, pilotes
1	2	3	8.1	0.52	0.78	40	Obras fabriles, fundiciones maquinaria pesada
1	2	4	7.7	0.48	0.86	37	Vigas, columnas y losas
1	2 ½	5	6.5	0.50	0.90	35	Estructuras con cargas poco considerables
1	3	6	5.6	0.53	0.96	35	Tortas de concreto, aceras

Nota: C (cemento), A (arena), P (pedrín)

Fuente: Materiales de Construcción, Facultad de Arquitectura, USAC

Utilizaremos la proporción 1:2:3, la cual es 8.1 sacos de cemento, 0.52 m³ de arena y 0.78 m³ de pedrín por cada m³ de concreto.

Cemento:

$$4.75 \text{ m}^3 \text{ concreto} * 8.1 = 38.48 = 39 \text{ sacos cemento}$$

Arena:

$$4.75 \text{ m}^3 \text{ concreto} * 0.52 = 2.47 = 2.5 \text{ m}^3 \text{ de arena}$$

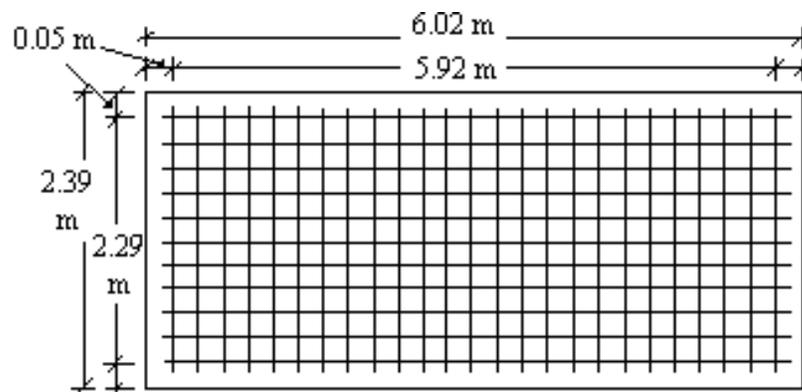
Piedrín:

$$4.75 \text{ m}^3 \text{ concreto} * 0.78 = 3.70 = 4 \text{ m}^3 \text{ de piedrín } \frac{3}{4}''$$

3. Cuantificando hierro

El hierro a utilizar son varillas de 6 m de longitud, hierro no. 5 cuyo diámetro es de 5/8". El armazón de hierro se realizará en forma de parrilla, como se ilustra en la figura 8, como se puede apreciar las varillas no tendrán la misma dimensión que el ancho y el largo del cimiento. Es necesario considerar un espacio de 5 cm entre el último bastón y la terminación del concreto, este espacio sirve de aislante de humedad ya que si el armazón terminara justo donde termina el concreto la humedad atacará al hierro y la estructura se corroerá con el tiempo. Sin embargo se puede apreciar que los bastones sobrepasan el último bastón colocado perpendicularmente, esto debido a que los trabajadores necesitan 2.5 cm de espacio para poder unir con alambre de amarre la estructura. Por tanto longitudinalmente los bastones medirán 5.97 metros y transversalmente medirán 2.34 metros.

Figura 13. Armazón de hierro no. 5



Longitudinalmente (a lo largo) tenemos 11 bastones de 5.97 m y transversalmente (a lo ancho) tenemos 25 bastones de 2.34 m. Las varillas son de tamaño estándar de 6 metros de longitud.

Longitudinalmente:

1 varilla de 6 m / 5.97 m = 1 bastón por varilla = 11 varillas de 5/8"

Transversalmente:

1 varilla de 6 m / 2.34 m = 2.56 bastón por varilla = 2 bastones por varillas, si necesitamos 25 bastones de 2.34 m tenemos por lo tanto:

25 bastones / 2 bastones por varilla = 13 varillas de 5/8"

Necesitamos 11 varillas longitudinalmente y 13 varillas transversalmente, en total necesitamos 24 varillas de 5/8" de hierro No. 5. El quintal de hierro No. 5 tiene 4.79 varillas y necesitamos 24 varillas, necesitamos comprar 5 quintales de hierro No. 5.

4. Cuantificando alambre de amarre

En el ramo de la construcción se utilizan varios criterios para calcular el alambre de amarre, una fórmula muy utilizada es la siguiente:

$$\text{Alambre} = \text{No elementos} * \text{longitud} * 0.05$$

Longitudinalmente

$$\text{Alambre} = 11 * 5.97 * 0.05$$

$$\text{Alambre} = 3.29\text{lb}$$

Transversalmente

$$\text{Alambre} = 25 * 2.56 * 0.05$$

$$\text{Alambre} = 3.2\text{lb}$$

Requerimos de 3.29 lb de alambre longitudinalmente y 3.2 lb de alambre transversalmente, necesitamos de 6.49 lb de alambre de amarre, por tanto es necesario adquirir 7 libras de alambre de amarre.

5. Cuantificando selecto

El cálculo de selecto se refiere al que utilizaremos para preparar el suelo antes de realizar la cimentación. Como anteriormente se expuso se requieren de 3 capas: 1 capa de 5 cm de espesor de piedrín de ½” y 2 capas de 5 cm cada capa de material selecto. El área superficial es de 14.4 m².

Piedrín de ½”

$$14.4 \text{ m}^2 * 0.05 \text{ m} = 0.72 \text{ m}^3 = 1 \text{ m}^3 \text{ de piedrín de } \frac{1}{2}''$$

Material selecto

$$14.4 \text{ m}^2 * 2 * 0.05 \text{ m} = 1.44 \text{ m}^3 = 1.5 \text{ m}^3 \text{ de material selecto}$$

Los cálculos anteriores ayudaron a determinar la cantidad de material que se necesita para realizar la cimentación. Para la construcción de los rieles que soportan el marco de la caldera se pueden emplear dos criterios:

- El primero es realizar la estructura de concreto armado, basándose para las dimensiones de dichos rieles en los datos que se muestran en la tabla X, de igual manera se realiza el cálculo de los materiales en base al volumen de dichos rieles.
- El segundo es utilizar una estructura de acero prefabricado, de perfil I, montarlo y anclarlo a los cimientos, después cubrirlo con concreto y luego montar el marco de la caldera.

Para ambos casos en la parte trasera de cada riel se coloca 1 pin, el cual esta fuertemente sujetado al riel, la caldera Cleaver Brooks tiene en el marco base en la parte trasera una abertura, la caldera se monta de forma que los pines ingresen por las aberturas del marco de la caldera. Estas aberturas no son pequeñas, tienen cierta holgura

que permite que el marco se desplace por los rieles en caso que el material se expanda debido al calor generado.

3.7. Tanque de condensado

El tanque de condensado es utilizado para almacenar la reserva de agua mínima que ha de ser suministrada a la caldera y para recibir los retornos de condensados de baja presión, esto debido a que el agua de alimentación de las calderas debe estar a la temperatura más alta disponible para evitar problemas de dilatación, contracciones y choques térmicos dentro de la caldera. Al tanque de condensado se le inyecta vapor a presión, esto tiene dos fines:

- Calentar el agua en el interior del tanque para que la temperatura del agua de alimentación sea alta y de esta manera se logra ahorro en combustible.
- Remover los gases no condensables, elimina el oxígeno. La presencia de aire en el sistema afecta el consumo energético del mismo.

La cantidad de agua que se suministra a la caldera es prácticamente la cantidad de vapor que se produce, por lo tanto la reserva de agua necesaria va en proporción a la cantidad de agua de reserva y la capacidad del tanque es el de almacenar una cantidad mínima de agua suficiente para sostener la evaporación en la caldera por lo menos durante 20 minutos. La tabla XII sirve de guía para la elección del tamaño del tanque de condensado según el caballaje de la caldera, la capacidad de la caldera en estudio es de 600 BHP.

**Tabla XII. Selección del tamaño del tanque
de condensado en base al caballaje de la caldera**

BHP	LB VAPOR / HORA	TAMAÑO TANQUE GALONES	PESO DEL TANQUE LIBRAS
100	3450	150	440
200	6900	260	680
300	10350	400	835
400	13800	500	1020
500	17250	500	1020
600	20700	650	1515
700	24150	750	1680

Fuente: Mantenimiento Preventivo y Correctivo de las Calderas, María Colmenares de Guzmán

Las partes del tanque de condensado son:

- Un visor de vidrio.
- Dos válvulas de prueba para el visor de vidrio.
- Un termómetro para censar la temperatura del agua de alimentación.
- Una válvula de flotador a la entrada del agua suavizada (sirve para mantener el nivel constante y no se produzca un rebalse).
- Una conexión para retorno de condensado.
- Un rebalse en caso que suba mucho el nivel del agua.
- Un tubo para ventilación.
- Un tubo para desagüe para cuando haya necesidad de dar mantenimiento.

La altura máxima a la cual se instaló el tanque de condensado fue tal, que el nivel de agua del tanque es el mismo que el nivel máximo de agua de la caldera. Esto se hace para evitar que la caldera se inunde de agua, porque esto nos lleva a un desperdicio de producto químico y de una pérdida de temperatura en el agua de la caldera. Estos dos

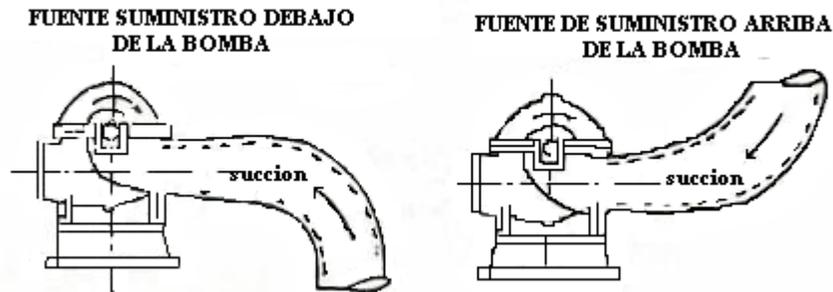
problemas son costosos porque se gasta más producto químico para mantener los parámetros y más combustible porque el agua perdió calor.

El agua para la caldera se almacena usualmente en este tanque, de manera que se tenga disponible un volumen de agua suficiente para demandas mayores a las acostumbradas. Se mantiene un nivel constante por medio de una válvula flotadora similar en principio al flotador en el tanque de un sanitario. Una bomba de alta presión saca el agua del tanque de relleno y la vacía en la caldera. Debido a que la caldera opera a una presión mayor que la del suministro de agua, la bomba debe elevar la presión del agua de alimentación un poco por encima de la presión de operación de la caldera.

Para instalar el tanque de condensado a la bomba de agua se utiliza tubería de hierro negro para servicio mediano, la dimensión de la misma es establecida por el orificio de succión. Nunca la tubería de succión debe tener menor diámetro que el diámetro de entrada a la bomba; si puede ser mayor y ocupar un reductor excéntrico cuidando no se hagan bolsas de aire. Para evitar esta situación deben colocarse como se indica a continuación, para apreciar de mejor manera se presenta la figura 14:

- Si el tanque de condensado está debajo de la línea de centro de la bomba, la parte recta del reductor debe colocarse hacia arriba.
- Si el tanque de condensado está arriba de la línea de centro de la bomba, la parte recta del reductor debe colocarse hacia abajo.

Figura 14. Instalación correcta de la tubería de succión



Para evitar perturbaciones en el impulsor se necesita de un tramo recto de por lo menos 8 veces el diámetro de la tubería. Los codos que se deben utilizar son de radio largo porque crean menos fricción y producen una distribución más uniforme del caudal que los codos estándar. La válvula de compuerta se coloca inmediata al tanque, este tipo es usado por tener menos pérdidas que las de globo y porque no se requiere restricción en el flujo. Además se coloca un filtro “Y” para evitar la introducción de partículas extrañas que puedan obstruir la bomba y reducir el bombeo.

El vapor limpio es agua pura en forma de gas. Cuando se enfría y se condensa es agua pura y se le denomina "condensado". A medida que se condensa en agua contiene considerable calor, el cual puede ser utilizado. Es un agua de relleno o de alimentación casi perfecta, ya que ha sido despojada de minerales disueltos y materia extraña en el proceso de evaporación. Siempre que es posible, el condensado es regresado a la caldera y recolectado en el denominado "receptor o tanque de condensado". Cuando se recupera el condensado, el receptor puede también desempeñar la función de tanque de relleno.

3.8. Tanque de purga

El tanque de purga es un recipiente a presión de alto riesgo, necesario en la operación de calderas de vapor. Un tanque que requiere de estricto apego a normas de fabricación por código. Recibe las purgas de la caldera, en alta presión, debiendo lograr su expansión en corto espacio. Bajar la presión, para poder expulsar los lodos y sedimentos al desagüe sin presión. Por su amplia salida superior, expande el vapor caliente, el cual debe ser guiado y expulsado a la atmósfera en un lugar alto y seguro, donde no exista peligro de contacto con seres vivientes o productos tóxicos o de peligro por calentamiento (altas temperaturas de vapor). El tanque de purga consta de un buque de presión soldado con patas y completo con conexiones de escape, de admisión y desagüe.

Este tanque recibe el agua a presión de la caldera, su diseño permite bajar la presión del agua purgada. Tiene un tubo vertical de 4" de diámetro, el cual sirve para venteo. Al fondo del tanque hay agua que se mantiene a una temperatura menor que el agua que ingresa cuando se purga la caldera, el agua con temperatura mas baja sirve para que el agua que ingresa ceda su temperatura lográndose un balance en la temperatura del agua que queda en el tanque, dicho tanque tiene un nivel y una tubería que comunica con el desagüe para expulsar el agua necesaria. De esta manera al desagüe ingresa agua con una temperatura más baja y a menor presión.

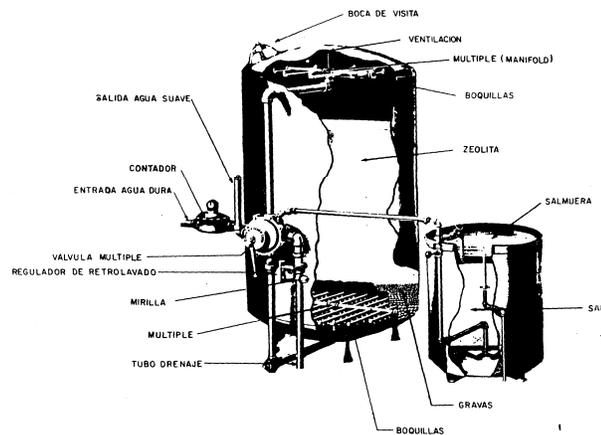
La caldera tiene una purga de fondo, en la cual se utilizan generalmente dos válvulas, una de cierre rápido ubicada cerca de la caldera y otra de cierre lento después de la anterior. Otro tipo de instalación es de colocar dos válvulas de cierre rápido en las descargas inferiores de la caldera, conectándose posteriormente ambas al drenaje a través de la válvula de cierre lento. El propósito de las líneas de purga es el de evacuar lodos y mantener dentro de la caldera ciertos parámetros químicos.

El control de nivel de agua debe de tener su respectiva línea de purga para mantenerlo limpio y evitar que el flotador se quede pegado. Para esta línea se coloca una válvula de cierra rápido y se une con la línea de purga de fondo. La línea de purga descarga en el tanque de purgas con derrame al drenaje, tubo de ventilación y agujero para inspección y limpieza.

3.9. Equipo de tratamiento de agua para caldera

En el tratamiento de agua por intercambio iónico a base de zeolita se usa un equipo compuesto por dos tanques, uno que es en si es el ablandador y otro más pequeño que es el de la preparación de la salmuera que se emplea para la regeneración. Este equipo se diseña para operar ya sea a flujo por gravedad o a presión y su control puede ser manual, semiautomático o automático. Sin embargo, las unidades que trabajan por gravedad tienen un uso muy limitado por su bajo flujo y el gran espacio que requieren, usándose generalmente los del tipo de presión, los cuales se instalan en baterías de dos o más unidades de manera que se pueda asegurar el flujo sin interrupciones de agua blanda cuando alguna de las unidades está en ciclo de regeneración.

Figura 15. Equipo de tratamiento de agua



Las unidades se deben operar de manera que nunca necesite regeneración dos unidades al mismo tiempo. Las dimensiones varían dependiendo del volumen de agua a tratar y de su dureza, ya que con estos datos es fácil obtener el volumen de zeolita necesario, y por el tamaño del tanque.

Los ablandadores a presión son tanques metálicos cilíndricos verticales o en algunos casos horizontales, cuya altura es por lo general dos o tres veces su diámetro, y sus elementos constituyentes son los siguientes:

- Coraza: consiste de un cilindro metálico con tapas abombadas a un radio igual al diámetro del ablandador, construido de placas metálicas de espesor suficiente para la presión a la que se somete. El diámetro en las unidades verticales varía entre 1.65 y 10 pies y la altura depende del volumen necesario de zeolita. Los tanques horizontales se construyen cuando el espacio vertical es limitado, y pueden tener hasta 25 pies de longitud y de 7.9 a 11.8 pies de diámetro.
- Sistema colector se encuentra colocado en la parte inferior o fondo del ablandador, y sirve para extraer el agua blanda durante el ciclo de ablandamiento, distribuir el agua de retrolavado, eliminar la sal y los lavados. Durante el ablandamiento este sistema debe recolectar uniformemente toda el agua que pase por el lecho, y durante el retrolavado distribuye perfectamente el agua, de manera que ésta fluya uniformemente hacia arriba. Debe construirse de materiales resistentes a la corrosión debido a la acción corrosiva de la salmuera y del agua con dureza cero. La práctica común ha sido usar un tubo múltiple central con ramales roscados a él en ángulo recto y espaciados a igual distancia sobre el piso del tanque.
- Grava y Arena: sobre los sistemas colectores se colocan capas de grava graduada (gruesa abajo y fina arriba) seguida, usualmente, de una capa de arena gruesa

todo lo cual sirve como soporte al intercambiador. El espesor del lecho de soporte varía según el diseño del tanque, tamaño de las unidades y otros factores, y generalmente tiene entre 11.8 y 23.62 pulgadas.

- Lecho de zeolita intercambiadora: se encuentra colocado sobre la capa de arena o grava fina. A medida que el lecho se clasifica hidráulicamente en las operaciones de retrolavado, las partículas mayores se van al fondo y las más finas quedan en la superficie, lo que asegura una perfecta distribución del agua a través del intercambiador. Sobre el lecho del intercambiador hay un espacio libre, lo suficientemente grande para absorber la expansión de la resma durante la operación de retrolavado. Este espacio de expansión se expresa como porcentaje del espesor del lecho, y varía con los diferentes tipos de intercambiadores: zeolitas naturales 25%; zeolitas sintéticas 33%; resinas de alta capacidad y de tipo carbonáceo 75%.
- Colector del agua de lavado: en la parte superior del recipiente y un poco abajo de la parte recta de la coraza, hay un colector de agua de lavado, que sirve durante las operaciones de ablandamiento y de lavado para introducir y distribuir el agua que entra, y durante el retrolavado para coleccionar el agua y conducirla a las líneas de salida.
- Sistema de distribución de salmuera: el sistema distribuidor de salmuera está a poca distancia sobre la superficie del lecho de zeolita, y sirve para introducir y distribuir la salmuera diluida sobre el lecho, de manera que todo el intercambiador entre en contacto con ella.
- Medidores: se emplea un medidor de agua colocado en la línea de salida de agua blanda. En los ablandadores automáticos el medidor está equipado con contactos eléctricos que inician automáticamente el ciclo de regeneración y lo vuelven al

servicio. En los ablandadores manuales las manecillas del medidor se vuelven a cero al terminar cada ciclo de ablandamiento; cuando llega a pasar una cantidad determinada de agua hacen contacto eléctrico que suena una campana indicando que hay necesidad de regenerar el lecho.

- Válvulas de control: la regulación de los ablandadores se lleva a cabo por válvulas operadas manualmente, automáticas o semiautomáticas.

En la operación de un ablandador podemos distinguir cuatro etapas o fases bien definidas que son:

1. Retrolavado: Un ablandador funcionando con la corriente de agua de arriba hacia abajo, además de efectuar el intercambio iónico, trabaja también como un eficiente filtro, eliminando turbidez y materias suspendidas en el agua dura: estas materias extrañas acumuladas en la resma, deben ser removidas para obtener un funcionamiento eficiente. Un buen lavado en sentido contrario o retrolavado, de abajo hacia arriba, pasando por el lecho, removerá todas las impurezas y limpiará la resma. La resina por la acción del retrolavado, se expande en el espacio libre superior del tanque y revuelta violentamente por la corriente ascendente del agua producirá una acción abrasiva entre sus partículas removiendo las materias extrañas y dejando limpia la zeolita. La corriente de agua debe ser apropiada para permitir un buen lavado ya que presiones bajas no realizan una buena remoción de las impurezas, en cambio presiones muy altas producirán una gran turbulencia que podría ocasionar arrastre de la zeolita. La duración de la fase de retrolavado puede ser de unos 5 minutos, tiempo suficiente para que se efectúe la eliminación de impurezas y salga agua limpia.
2. Regeneración: Basándonos en que la acción intercambiadora de iones de la zeolita tiene la gran propiedad de ser reversible, la resma agotada puede ser

regenerada a su capacidad evaluada por medio de una solución fuerte de salmuera de cloruro de sodio (sal común), haciéndola pasar a través del lecho de zeolita cargado como está de calcio y magnesio. El sodio de la salmuera entra en la resma desalojando el calcio y el magnesio, los cuales son arrastrados por la salmuera y el agua de enjuague, para dejarla nuevamente con su capacidad intercambiadora inicial. La salmuera, preparada en un tanque aparte, entra al ablandador por la parte superior, cubriendo completamente la resma para su regeneración, y sale por la parte inferior del tanque hacia la tubería de drenaje. Sin embargo, es necesario usar un exceso de sal para poder efectuar la regeneración debido a la mayor afinidad de los intercambiadores por el calcio y magnesio que por el sodio. Los factores que influyen en el consumo de sal durante la regeneración depende del tipo de material de intercambio de sal en el lecho. El tiempo de esta fase depende del que requiera la salmuera para pasar al suavizador, cubrir toda la resma y salir por la parte inferior.

3. Enjuague: Una vez que ha entrado al suavizador toda la salmuera necesaria, o el peso especificado de sal de acuerdo con la cantidad de zeolita, se debe proceder a hacer el enjuague con agua corriente para remover toda la salmuera que ha dentro del ablandador. Este enjuague debe continuar hasta que haya sido eliminada toda la salmuera y el agua esté saliendo prácticamente con una dureza cero. En esta fase el agua entra por la parte superior del tanque, pasa a través de la zeolita y capas de soporte arrastrando la salmuera y sale por la parte inferior hacia la tubería de drenaje. La duración del enjuague es de unos 30 minutos.
4. Servicio: Una vez que el ablandador ha sido regenerado por medio de las tres fases anteriores, y la zeolita ya limpia ha vuelto a su capacidad inicial evaluada, está en condiciones de ponerlo en servicio para efectuar la suavización. En esta fase el agua dura entra por la parte superior del tanque, pasa a través de la resma efectuándose el intercambio y sale por la parte inferior hacia un tanque de

almacenamiento o directamente a la red de distribución para alimentar los equipos. La duración de la fase de servicio o suavización se puede determinar y controlar fácilmente mediante un contador de flujo, ya que conociendo la dureza del agua a tratar y la capacidad intercambiadora del equipo, se determina la cantidad de galones de agua blanda que pueden producirse, y cuando debe suspenderse el servicio para proceder a la regeneración de la resina.

En la instalación de un equipo de suavización a base de resma zeolita, existen diferentes formas que dependen primordialmente de los métodos empleados por el fabricante, pero en general podemos distinguir tres sistemas que varían según la forma de operación y el suministro de la salmuera.

1. Automático, donde la válvula múltiple es accionada eléctricamente, y regulada según un circuito previamente calculado en base a la capacidad y la dureza del agua, siendo el suministro de la salmuera por succión. Son los más prácticos ya que no requieren la operación manual constante y su control se limita simplemente al suministro de sal para la preparación de la salmuera y análisis periódicos del agua para cualquier corrección que sea necesaria.
2. Semiautomático, donde se emplea una válvula múltiple accionada manualmente, con suministro de salmuera por succión a través de dicha válvula. Son los más corrientemente usados por lo sencillo de su operación y su fácil instalación, además de que se reduce gradualmente el riesgo de una operación fuera del lugar en cualquiera de las fases del ciclo.
3. Manual, que emplea diferentes válvulas individuales, las cuales según se operen permiten efectuar las diferentes fases del ciclo completo. El suministro de la salmuera puede ser por medio de tanques a presión, por inyección o por gravedad. Este sistema requiere un cuidado especial en la operación. Por las

diferentes válvulas que hay que maniobrar, ya que un descuido, puede ocasionar la realización de una fase diferente a la deseada. En este sistema a su vez existen varias formas de instalación según la colocación de las válvulas y el método de suministrar la salmuere. Es conveniente durante la instalación colocar las uniones necesarias para permitir no solo el montaje de la tubería, sino también cualquier reparación necesaria.

3.9.1. Cálculo de un suavizador

El procedimiento para seleccionar un suavizador adecuado para la alimentación del agua a la caldera, muchas consideraciones deben de ser revisadas. De entrada y es básico obtener un análisis del agua, los caballos de vapor de la caldera y la información pertinente sobre la recuperación de vapor en condensados. Cada una de estas áreas deberá de ser calculada antes de comenzar el proceso de selección del suavizador.

El orden para seleccionar un suavizador de agua, comienza con determinar como primer paso la cantidad de dureza. Muchos de los análisis del agua expresan la dureza en “partes por millón” (ppm). Las partes por millón deben de convertirse a “granos por galón” (gpg), para poder calcular el tamaño del suavizador. Para convertir la dureza expresada en ppm a gpg hay que dividir los ppm entre 17.1.

$$gpg = \frac{\text{dureza en ppm}}{17.1}$$

Es necesario determinar el volumen de agua de reemplazo. Determinamos la capacidad de la caldera en caballos de fuerza caldera (BHP), por cada BHP la caldera requiere alimentarse con 4.25 galones por hora de agua, de esta manera obtenemos el consumo por hora de acuerdo al caballaje de la caldera.

$$\text{Consumo/hora} = \text{BHP} * 4.25$$

El último paso en la recopilación de información para nuestro proceso de selección de un suavizador, es obtener el número de horas al día en que la caldera está en operación. Esto no es solo importante en la determinación del volumen de agua para alimentar la caldera, también es importante esta información para determinar el diseño de nuestro sistema de suavización. Una caldera que opera las 24 horas del día, necesitará agua suavizada todo el tiempo, por lo tanto en el diseño se tiene que considerar dos unidades. En sistemas en donde la operación es solamente 16 horas al día, un suavizador sencillo o de una unidad cumple con las necesidades de la caldera. El tiempo típico para regenerar un suavizador es menor a tres horas.

$$\text{Consumo / día} = \left(\frac{\text{consumo}}{\text{hora}} \right) * (\text{horas operación caldera})$$

Esto primero para poder determinar la cantidad de condensados que se recuperan. La cantidad de condensado recuperado en una caldera es una información vital en la selección de un suavizador. El operador de la caldera o el ingeniero de diseño generalmente conocen esta información. La cantidad de condensados recuperada es restada del consumo diario de alimentación a la caldera, calculada de los caballos vapor o caballos de fuerza. La cantidad neta se obtiene del resultado del consumo diario en base a los caballos de vapor, menos la cantidad de condensados recuperados en el sistema.

$$\text{Consumo neto} = (\text{consumo / día}) - (\text{recuperación condensado})$$

Con la información obtenida anteriormente podemos realizar el cálculo de cuántos granos totales de dureza (GTD) deben ser removidos al día.

$$\text{GTD} = (\text{Consumo neto}) * \text{gpg}$$

La información lograda en los pasos anteriores nos ofrece la cantidad de dureza a remover al día, esto nos ofrece la información básica para poder seleccionar el suavizador. Debido a la natural importancia de obtener agua suavizada como

alimentación a la caldera, debemos de considerar un margen de error en la selección del suavizador. Este margen es común el 15%, por lo tanto multiplicamos el resultado de GTD * 1.15 para obtener un resultado mas confiable.

En la selección de un suavizador de agua, primero hay que estar familiarizado en cuales son las capacidades de un suavizador. Obviamente los esfuerzos realizados para calcular los granos totales necesarios para suavizar un volumen específico de agua con una dureza específica, nos sirven para seleccionar algún suavizador en base a su capacidad. Cuando se revisa la información técnica de un suavizador se observara que la mayoría de ellos siempre vienen especificados a su capacidad máxima de intercambio en granos. Al poner un ejemplo que se necesitan remover 78200 granos al día, la selección no debe de realizarse en la capacidad máxima de granos del suavizador, hacer esto tendrá como resultado una ineficiente operación en términos de consumo de sal. La selección debe de realizarse en base a la capacidad baja o media de granos del suavizador. Para demostrar esto en el ejemplo anterior, vamos a revisar la operación en los tres niveles de capacidad, los tres niveles convencionales para los suavizadores son:

Nivel 1:

30,000 granos por pie³ de resina (regenerando con 15 libras de sal por pie³ de resina)

Nivel 2:

25,000 granos por pie³ de resina (regenerando con 10 libras de sal por pie³ de resina)

Nivel 3:

20,000 granos por pie³ de resina (regenerando con 5 libras de sal por pie³ de resina)

Si aplicamos mediante una sencilla regla de tres, lo anterior al ejemplo, se observa los beneficios en forma muy tangible, además de observar un ahorro real del 50% en el consumo de sal, a continuación se muestran los resultados del ejemplo, en donde necesitamos remover 78,200 granos por día por lo tanto:

Nivel 1:

$$\frac{78,200 \text{ gpg}}{30,000 \text{ granos pie}^3} = 2.60 \text{ pies}^3 * 15 \text{ libras sal} = 39.09 \text{ libras sal dia}$$

Nivel 2:

$$\frac{78,200 \text{ gpg}}{25,000 \text{ granos pie}^3} = 3.12 \text{ pies}^3 * 10 \text{ libras sal} = 31.28 \text{ libras sal dia}$$

Nivel 3:

$$\frac{78,200 \text{ gpg}}{20,000 \text{ granos pie}^3} = 3.91 \text{ pies}^3 * 5 \text{ libras sal} = 19.55 \text{ libras sal dia}$$

Por lo que se recomienda que cada vez que se seleccione un suavizador, se considere que tan eficiente se quiere diseñar, en el ejemplo anterior si se diseña en base a 15 libras para regenerar un pie³ de resina, es decir a la capacidad máxima de intercambio, probablemente seleccionemos un equipo mas pequeño pero muy ineficiente en el consumo de sal, seleccionando en el nivel de 5 libras por pie³ de resina, es decir en su nivel bajo de capacidad lograremos un ahorro del 50% en el consumo de sal. Si la planta opera 365 días al año el ahorro en el consumo de sal será de 39.09 – 19.55 = 19.54 libras * 365 días = 7132.10 libras por año.

Es importante mencionar que el empleo de la máxima, media o baja capacidad solamente afecta en el consumo de sal, pero cualquiera de las tres que se seleccione el suavizador elimina totalmente la dureza, esto se hace por el ahorro en la operación y no por la calidad del agua, siempre será suavizada.

4. PRINCIPIOS DE OPERACIÓN DE LA CALDERA *CLEAVER BROOKS CB-LE DE 600 BHP*

4.1 El quemador y el sistema de control

El quemador de aceite es del tipo de baja presión, atomizado por aire (boquilla). El quemador de gas es del tipo con orificio sin necesidad de pre – mezcla. Los quemadores se encienden por medio de chispa generada por un piloto de gas. El piloto es del tipo interrumpido y se apaga después que se ha establecido la llama principal. Sin tomar en cuenta el tipo de combustible que se usa, el quemador opera con modulación completa por medio de controles posicionadores tipo potenciómetro, y el quemador vuelve a la posición de alimentación mínima para la ignición. El guardallama y el relevador de programación incluyen un detector de llama para vigilar la llama del aceite y del gas, y para apagar el quemador en caso de falla de la llama.

Los controles de entrecierre de seguridad incluyen interruptores que comprueban la combustión y el aire atomizado.

La secuencia de la operación del quemador, desde que se enciende hasta que se apaga, está controlada por el relevador de programación en conjunto con los dispositivos de operación, limitador y entrecierre, los cuales están conectados al circuito para proporcionar una operación segura y proteger contra técnicas incorrectas de operación. El aire de combustión lo suministra un soplador centrífugo localizado en la puerta delantera. El abastecimiento del aire de combustión al quemador está controlado por el actuador de compuerta. Este mismo actuador regula el flujo de gas combustible por medio de un sistema articulado conectado a la válvula de mariposa del gas, y el flujo del

aceite combustible, por medio de una válvula medidora actuada por leva. El combustible y el aire entran proporcionalmente a fin de producir una combustión más eficiente.

El circuito del control del quemador opera con corriente alterna monofásica de 115 voltios, de 60 hertz CA. El motor del ventilador de tiro forzado opera con servicio trifásico.

4.2 Función de los controles y componentes

El término “control” se refiere a las válvulas y componentes más importantes, incluyendo los controles eléctricos o aquellos monitoreados por el relevador de programación.

4.2.1. Controles generales

- Motor del ventilador de tiro forzado: impulsa directamente el ventilador de tiro forzado para proveer aire de combustión. Referido también como motor soplador.
- Arranque del motor de ventilador de tiro forzado: le da energía al motor (soplador) del ventilador del tiro forzado.
- Ventilador de tiro forzado: suministra todo el aire, bajo presión, para la combustión del combustible del piloto, del combustible principal y para la purga.
- Transformador de ignición: provee chispa de alto voltaje para la ignición del piloto de gas.

- Interruptor de baja alimentación: un interruptor auxiliar interno, actuado por la compuerta del eje del motor o por leva por el eje del motor, que debe estar cerrado para indicar que la compuerta de aire y la válvula medidora de combustible están en la posición de baja alimentación antes que pueda ocurrir un ciclo de ignición.
- Placa de identificación: indica el modelo y número de serie de la caldera.
- Interruptor manual – automático: cuando se coloca en automático, la operación subsecuente está dirigida por el control modulador, que controla la posición del motor de modulación según la demanda de carga. Cuando se coloca en manual, el motor de modulación, por medio del control manual de llama, puede colocarse a la regulación deseada para el encendido del quemador.
- Control manual de llama: un potenciómetro operado manualmente que permite ajustar el motor modulador a la regulación deseada de alimentación del quemador cuando el interruptor manual – automático está en la posición manual.
- Transformador del motor de modulación: reduce el voltaje del circuito del control que es de 115 voltios CA a 24 voltios CA para la operación del motor de modulación.
- Luces indicadoras: proveen información visual de la operación de la caldera, como: falla de llama, demanda de carga, bajo de nivel de agua.
- Detector de llama: monitorea el piloto de gas o aceite y activa el relevador de programación de la llama en respuesta a una señal de llama.

- Alarma: suena para notificar al operador de una condición que requiera atención inmediata.
- Termómetro de la chimenea: indica la temperatura de los gases de combustión en la chimenea.
- Interruptor de prueba del aire de combustión: un interruptor sensitivo a la presión accionado por la presión de aire del ventilador de tiro forzado. Sus contactos se cierran para comprobar la presencia de aire de combustión. Las válvulas de combustible no pueden recibir energía a menos que este interruptor lo apruebe.
- Compuerta de aire rotatoria: provee un control preciso al aire de combustión, proporcional a la entrada de combustible para las diversas demandas de carga.
- Difusor: esta es una lámina circular situada al final del horno en la cámara del quemador, que le da un movimiento rotativo turbulento al aire de combustión un poco antes de que entre al horno, suministrando por lo tanto una mezcla completa y eficiente con el combustible.

4.2.2. Controles de vapor

- Indicadores de la presión de vapor: indica la presión interna de la caldera.
- Control de la presión máxima de operación: interrumpe el circuito para detener la operación del quemador cuando la presión excede el ajuste seleccionado. Se ajusta para detener o arrancar el quemador a un ajuste de presión preseleccionado.

- Control modulador de la presión: percibe cambios en las presiones de la caldera y transmite esta información al motor de modulación para que varíe la alimentación del quemador cuando el interruptor manual – automático esta en automático.
- Control de la bomba y cierre de bajo nivel de agua: opera por medio de un flotador que responde al nivel del agua de la caldera. El control efectúa dos funciones diferentes:
 - Detiene la alimentación del quemador si el nivel del agua es menor que el nivel seguro de operación, activando el indicador de bajo nivel en el panel de control; también hace sonar la alarma de bajo nivel.
 - Arranca y detiene la bomba alimentadora de agua para mantener el agua al nivel de operación adecuado.
- Placa de instrucciones del control de la bomba por bajo nivel de agua: suministra instrucciones e información sobre la operación de los dispositivos de control por bajo nivel de agua.
- Columna de agua: este ensamble acomoda el cierre por bajo nivel de agua y el control de la bomba.
- Válvula de drenaje de la columna de agua: sirva para lavar regularmente la columna y la tubería para asistir en el mantenimiento de las tuberías de interconexión y ayudar a que se mantenga limpio y libre de sedimento el tazón del flotador.
- Válvula de drenaje del vidrio de nivel de agua: sirve para lavar el vidrio de nivel de agua.

- Válvula de prueba: permite que se escape el aire de la caldera durante el llenado y facilita la inspección rutinaria de la misma.
- Válvula de seguridad: alivia el exceso de presión sobre la diseñada para la caldera o una presión más baja.

4.2.3. Controles de la alimentación del gas

- Válvula del piloto de gas: una válvula solenoide que se abre durante el período de la ignición para dejar pasar combustible al piloto.
- Llave de cierre del piloto de gas: para abrir y cerrar manualmente la alimentación de gas a la válvula de piloto.
- Llave de ajuste del piloto de gas: regula el tamaño de la llama del piloto.
- Aspirador del piloto de gas: aumenta el flujo de gas al piloto.
- Indicador de presión del gas: indica la presión de gas al piloto.
- Válvula reguladora de la presión del gas: disminuye la presión del gas para satisfacer los requisitos del piloto.
- Válvula de mariposa: el disco pivotado en esta válvula es activado por una conexión de la leva moduladora de gas para regular la cantidad de flujo de gas al quemador.
- Leva moduladora del gas: permite el ajuste de la entrada de gas en cualquier punto del campo de modulación.

- Llave de cierre del gas principal: para abrir y cerrar manualmente el suministro principal de gas después del regulador de presión de la línea principal de gas.
- Válvulas de gas principales: válvulas de cierre actuadas eléctricamente que se abren simultáneamente para dejar pasar gas al quemador.
- Interruptor de baja presión de gas: un interruptor actuado a presión que se cierra siempre que la presión en la línea principal del gas sea mayor que la presión preseleccionada.
- Interruptor de alta presión de gas: un interruptor actuado a presión que se cierra siempre que la presión en la línea principal del gas sea menor que la presión preseleccionada.
- Conexión de fuga: el cuerpo de esta válvula tiene un orificio obstruido que se usa siempre que sea necesario o se desea verificar fugas en la válvula cerrada.

4.2.4. Controles para aceite pesado No. 6

- Bomba del aceite combustible: transfiere aceite combustible del tanque de almacenamiento y lo lleva bajo presión al sistema del quemador.
- Bomba de aire: suministra aire para la atomización del aceite combustible.
- Filtro de aire: filtro tipo baño de aceite para filtrar el suministro de aire antes de entrar a la bomba.
- Válvula de retención: evita que el aceite lubricante y el aire a presión regresen a la bomba y al filtro de aire cuando la bomba se detiene.

- Tanque receptor de aire – aceite: mantiene aceite para la lubricación de la bomba de aire, separa el aceite lubricante del aire atomizado antes de llegar a la boquilla.
- Indicador de presión del aire atomizado: indica la presión de aire atomizado al inyector del quemador.
- Vidrio del nivel del aceite lubricante: indica el nivel del aceite lubricante en el tanque receptor del aire – aceite.
- Serpentín de enfriamiento del aceite lubricante: enfría el aceite lubricante antes que llegue a la bomba de aire.
- Colador del aceite lubricante: filtra el aceite lubricante antes de entrar a la bomba de aire.
- Válvula del control de la toma de aire: controla el volumen de entrada de aire a fin de regular la presión de aire atomizado que llega a la boquilla del quemador.
- Interruptor de la cámara del aceite: si el inyector del quemador no está asegurado, este interruptor abre el circuito limitador hacia la posición adelante requerida para quemar el aceite.
- Interruptor de prueba del aire atomizado: interruptor actuado a presión cuyos contactos están cerrados cuando hay suficiente presión de aire atomizado de la bomba para encender el aceite combustible.
- Interruptor de baja presión del aceite: los contactos del interruptor se abren cuando la presión del aceite combustible es menor que la presión seleccionada.

- Colador del aceite combustible: evita que entre material extraño a los sistemas de la calefacción y del quemador.
- Calentador de aceite (eléctrico): se usa para calentar suficiente aceite combustible para mantener baja alimentación durante arranques fríos antes de producir vapor.
- Interruptor del calentador de aceite: activa manualmente el sistema del calentador de aceite.
- Termostato del calentador de aceite – vapor: percibe la temperatura del aceite combustible y controla la apertura y cierre de la válvula solenoide del vapor para mantener la temperatura requerida del aceite combustible.
- Válvula de retención del calentador de vapor: previene que el nivel interior de la caldera se contamine con aceite en caso de ocurrir una fuga en el calentador de aceite.
- Válvula de admisión del calentador de aceite: permite el ingreso del flujo de vapor al calentador para mantener la temperatura del aceite combustible.
- Regulador de presión del calentador de vapor: mantiene adecuadamente la temperatura requerida del aceite combustible.
- Termostato eléctrico del calentador de aceite: percibe la temperatura del aceite combustible y activa o desactiva el calentador de aceite eléctrico para mantener la temperatura requerida del aceite combustible.

- Interruptor de baja temperatura del aceite: evita el encendido del quemador si la temperatura seleccionada del aceite combustible es menor que la requerida para la operación adecuada del quemador.
- Indicador de presión del suministro de aceite: indica la presión del aceite combustible en el calentador de aceite y suministra presión al regulador de presión del controlador del aceite combustible.
- Válvula de desahogo del aceite: desvía el exceso de aceite combustible y mantiene la presión indicada en el manómetro de suministro de aceite.
- Colector de condensado: drena el condensado y evita la pérdida de vapor del calentador a vapor.
- Válvula de retención: evita la entrada de aire durante períodos de paralización cuando la acción de enfriamiento puede crear un vacío dentro del calentador a vapor.
- Controlador del aceite combustible: un montaje que combina en una sola unidad el indicador, el regulador y la válvula requeridos para regular el flujo del aceite combustible.

4.3 Aire para combustión

El aire para la combustión del combustible (referido a menudo como aire “secundario”) es suministrado por el ventilador de tiro forzado, montado en la puerta delantera de la caldera. Durante la operación, la presión de aire se acumula en todo el cabezal y es forzado a través de una placa difusora para lograr una mezcla completa con el combustible para una combustión apropiada. El suministro de aire secundario al quemador se controla al reducir automáticamente la velocidad de salida del ventilador

mediante la regulación de la compuerta de aire. Esto suministra la cantidad adecuada de aire para la relación correcta de aire a combustible para una eficiente combustión en toda la escala del encendido.

4.4 Ignición automática

El quemador se activa por un tipo de piloto interrumpido. La llama del piloto se enciende automáticamente por una chispa eléctrica. Al inicio del ciclo de ignición se activan simultáneamente la válvula solenoide del piloto y el transformador de ignición. El transformador de la ignición suministra corriente de alto voltaje para la chispa de encendido. El piloto de gas tiene un solo electrodo y una chispa forma un arco entre la punta del electrodo y la pared del tubo que lo encierra. La válvula solenoide del piloto y el transformador se desactivan después que se enciende y se establece la llama principal. El combustible para el piloto de gas es suministrado por un tanque de suministro. El aire secundario penetra y se mezcla con el flujo de gas del piloto para proporcionar la llama adecuada.

4.5 Aire atomizado

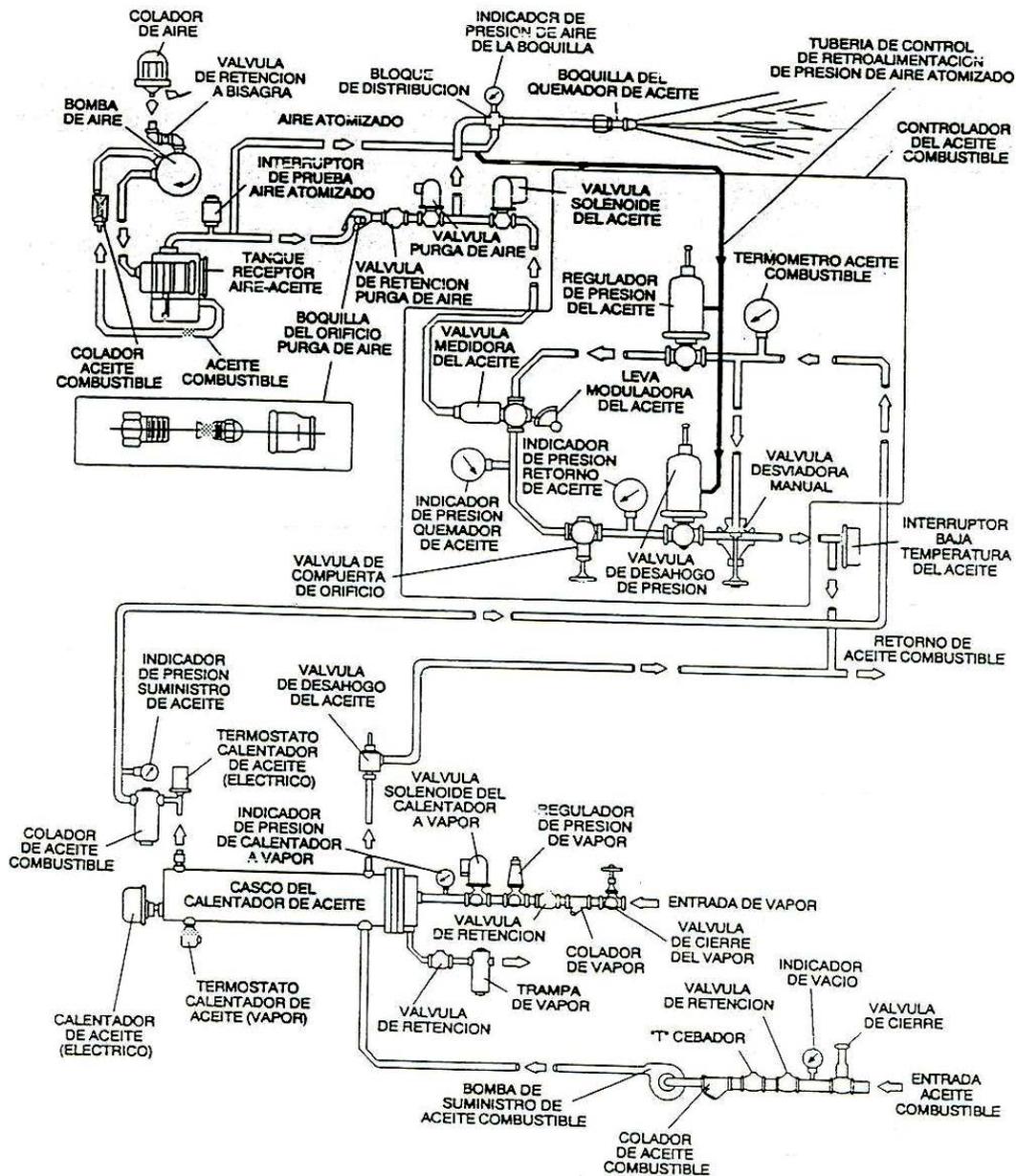
El aire para atomizar el aceite combustible (referido a menudo como “aire primario”) se abastece de la bomba de aire al tanque receptor aire – aceite y se lleva bajo presión a través del bloque de distribución a la boquilla del quemador de aceite. El aire atomizado se mezcla con el aceite combustible un poco antes que el aceite salga de la boquilla. La presión del aire atomizado se indica en el indicador de la presión del aire en el quemador. La presión del aire de la bomba también impulsa suficiente aceite del tanque a los cojinetes de la bomba para su lubricación y también para proveer un sello y lubricación a las paletas de la bomba. Como resultado, el aire que llega al tanque contiene un poco de aceite lubricante; sin embargo, la mayor parte se recobra por medio de deflectores y filtros en el tanque antes que el aire pase al quemador.

4.6 Flujo del aceite pesado

El aceite combustible es distribuido en el sistema por la bomba de suministro de aceite combustible, que lleva parte de su descarga al calentador de aceite. El exceso del aceite combustible regresa al tanque de almacenamiento de aceite a través de una válvula de desahogo del aceite combustible y la línea de retorno del aceite. El precalentador combinado eléctrico y vapor es controlado por termostatos. El termostato del calentador eléctrico activa el calentador eléctrico que se provee para suministrar aceite caliente en arranques fríos. El termostato del calentador a vapor controla la operación de la válvula solenoide del vapor para permitir el flujo de vapor al calentador cuando hay vapor.

El flujo del aceite al quemador esta controlado por el movimiento del vástago de la válvula medidora del aceite, que varía el flujo para satisfacer demandas de carga. La válvula medidora y la compuerta de aire están controladas simultáneamente todo el tiempo por el motor modulador para repartir el aire de combustión y combustible para ajustar a los cambios en las demandas de carga. El aceite se purga por medio del inyector del quemador después de cada paralización del quemador. La válvula solenoide de purga del aire se abre al cerrarse la válvula del combustible y desvía el aire atomizado a través de la línea del aceite. Esto asegura que la boquilla y la línea estén limpias para el arranque subsiguiente. El flujo del aceite combustible y el sistema de circulación se muestran en la figura 16.

Figura 16. Flujo del aceite combustible



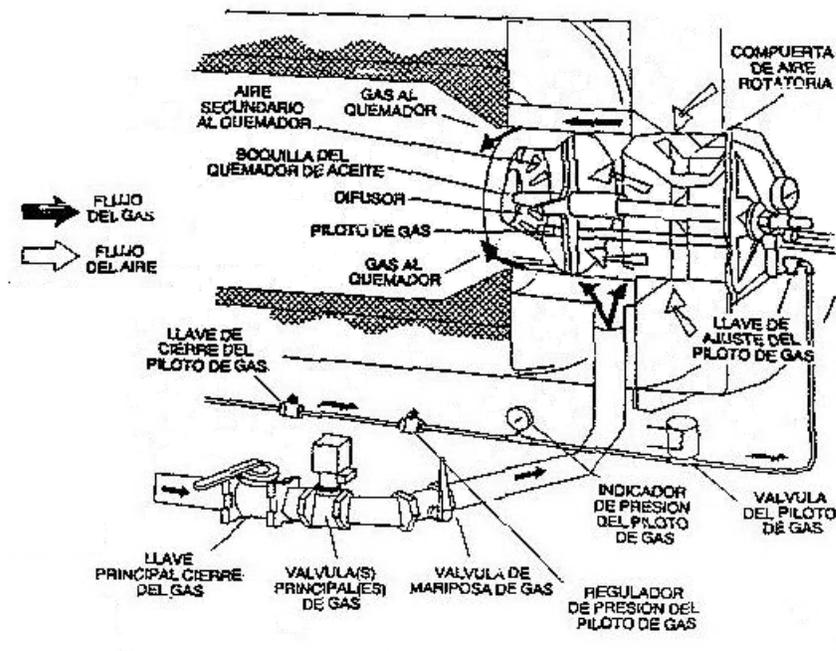
4.7 Flujo del gas combustible

El gas procedente del tanque de gas fluye a través de un regulador a presión a una presión reducida adecuada para los requerimientos del quemador, a través de la llave de cierre principal del gas, válvula (s) de gas principales y la válvula de gas moduladora tipo mariposa hacia el quemador tipo orificio sin pre – mezcla.

La válvula de gas principal es del tipo que está normalmente cerrada y se abre por medio del control de programación. La válvula de mariposa del gas modula el flujo del gas de baja a alta alimentación. La posición del disco de la válvula mariposa está controlada por la leva moduladora del gas. La válvula de mariposa del gas y la compuerta de control de aire se controlan simultáneamente por el motor modulador para repartir la combustión de aire y el combustible para ajustar a los cambios en las demandas de carga. El regulador de presión del gas ajusta la presión del gas a la entrada del tren de gas.

Las válvulas de gas principales no se pueden abrir a menos que el interruptor de prueba del aire de combustión esté cerrado para indicar suficiente suministro de aire de combustión. Los interruptores de baja y alta presión de gas deben estar cerrados para comprobar que existe suficiente, pero no en exceso, presión de gas combustible. El sistema de flujo de gas se muestra en la figura 17.

Figura 17. Sistema de flujo de gas



4.8 Alimentación modular

El motor modulador controla la compuerta de aire y la válvula de mariposa del gas o la válvula medidora del aceite para mantener constante la relación aire – combustión durante la serie de encendido. Durante la operación del quemador, el motor es controlado por un control modulador de la presión. Un potenciómetro operado manualmente se provee para fijar el motor a un rango de encendido del quemador deseado. Esto se usa principalmente para la verificación y ajuste inicial de la entrada del combustible. La operación normal deberá ser con el interruptor manual – automático en la posición “automático” y bajo el control del motor modulador.

El motor modulador (llamado comúnmente actuador de compuerta) es reversible, tiene un interruptor limitador interno que restringe la rotación del eje a 90°. El potenciómetro del motor esta conectado eléctricamente a un potenciómetro similar en el control modulador. Cambios en la presión del vapor altera la resistencia eléctrica del potenciómetro del control modulador. Este cambio en la resistencia causa a un relevador compensador integral a parar, arrancar o dar contramarcha a la rotación del motor. La rotación en cualquier dirección continúa hasta que la relación de resistencia de los dos potenciómetros sea igual.

Al lograrse este equilibrio, el motor se detiene en una posición que permite el flujo adecuado de combustible y aire de combustión para satisfacer las demandas de operación. El motor modulador debe estar en la posición de baja alimentación durante la ignición y permanecer así hasta que se establezca la llama principal. Un interruptor de baja alimentación, integrado al motor, se activa por la rotación del motor. El interruptor debe estar cerrado para establecer que la compuerta de aire y las válvulas medidoras de combustible estén en posición de baja alimentación antes que el programador inicie el período de ignición. Durante este período, ni el control manual de la llama ni el control modulador tienen ningún control sobre el motor de la compuerta de aire.

5. RECIPIENTE DE PRESION DE LA CALDERA

CLEAVER BROOKS CB-LE DE 600 BHP

5.1.Fabricación

El código ASME es un conjunto de normas, especificaciones, fórmulas de diseño y criterios basados en muchos años de experiencia, todo esto aplicado al diseño, fabricación, instalación, inspección, y certificación de recipientes sujetos a presión. Fue creado en los Estados Unidos de Norteamérica en el año de 1907, por iniciativa de varias compañías de seguros con el fin de reducir pérdidas y siniestros. El comité que lo forma está constituido por ingenieros de todas las especialidades y de todos los sectores, con el fin de mantenerlo siempre actualizado. El código ASME se encuentra dividido en las siguientes secciones:

SECCIÓN I Calderas de potencia.

SECCIÓN II Especificación de materiales.

SECCIÓN III Recipientes para plantas nucleares.

SECCIÓN IV Calderas de calentamiento.

SECCIÓN V Pruebas no destructivas.

SECCIÓN VI Cuidado y mantenimiento de calderas de calentamiento.

SECCIÓN VII Cuidado y mantenimiento de calderas de potencia.

SECCIÓN VIII Recipientes a presión (Div. 1 y Div. 2).

SECCIÓN IX Procedimientos para calificar soldaduras.

SECCIÓN X Recipientes a presión de fibra de vidrio con plástico.

SECCIÓN XI Reglas para inspección de sistemas de enfriamiento de reactores nucleares.

La caldera de vapor Cleaver Brooks CB de 600 BHP fue fabricada de acuerdo con la sección I, calderas de potencia, del Código ASME, dicha norma regula las reglas para la fabricación de:

- Power Boilers: calderas pirotubulares para vapor que generan una presión de más de 15 psi.
- Electric Boiler: caldera de poder o alta temperatura, caldera de agua sobre el principio de una cabeza eléctrica.
- Miniatura Boiler: caldera de poder de alta temperatura, caldera de agua limitada por la especificación PMB – 2.
- High Temperature Water Boiler: caldera acuatubular diseñada para operaciones de presión que excedan de 160 psi o temperaturas superiores a 250 °F.

La sección VIII del código ASME cobija los parámetros para tanques que manejan presión interna y/o externa, así como el manejo de temperaturas. Se debe tener en cuenta que los cambios cíclicos en tanques a presión son manejados por esta sección en la Div. 2.

El código ASME acredita diversos estampes de los cuales en la caldera podemos encontrar los símbolos:

- S: para la fabricación y montaje de calderas, en conformidad con la sección I.
- U: para la fabricación y montaje de recipientes a presión, en conformidad con la sección VIII Div. 1 y 2.

5.2 Requerimientos de agua

El agua de alimentación de una caldera, generalmente contiene impurezas de distintas clases, los productos químicos agregados para acondicionar y reducir los efectos negativos de tales impurezas, también se consideran como impurezas adicionales. A medida que el agua se evapora, estas impurezas se van concentrando y

causan formación de lodos que se depositan en las superficies de calentamiento. La reducción de dichas concentraciones y depósitos se logra mediante la utilización de la purga.

Así mismo, una de las causas más comunes de fallas de calderas, cuando se presentan, es un tratamiento inadecuado del agua de alimentación. El valor del PH de agua de alimentación se fija en un rango entre 7.5 y 9.5. El valor del PH del agua en la caldera es usualmente ajustado a un mínimo de 10 y dureza 0 para prevenir corrosión ácida y dar un margen suficiente para precipitaciones de las sales generadoras de depósitos, la concentración máxima de los sólidos totales no debe exceder de 2000 ppm, lo anterior se logra con un adecuado tratamiento de agua de la caldera.

Los requerimientos de agua para las calderas son esenciales para la duración y servicio de la caldera, la atención constante en esta área pagará dividendos en forma de mayor duración de la caldera, menos períodos de paralización y prevención de reparaciones costosas.

5.3 Tratamiento del agua

5.3.1 ¿Por qué es importante el tratamiento del agua de alimentación en una caldera?

Por medio de un adecuado tratamiento del agua de alimentación en la caldera se logra la máxima eficiencia y larga duración libre de problemas del recipiente de presión, al costo más bajo consistente con buenas prácticas técnicas y operacionales. En general los objetivos del tratamiento de agua son:

- Prevención de depósitos de incrustaciones o sedimentos que perjudican el coeficiente de transferencia de calor y que conducen al sobrecalentamiento del metal y reparaciones y paralizaciones costosas.
- Eliminación de gases corrosivos en el agua de suministro de la caldera.
- Prevención del agrietamiento intercrystalino del metal de la caldera.
- Mantenimiento de la operación eficiente sin pérdidas de combustible por reducción de los coeficientes de transferencia de calor.

5.3.1.1 Incrustaciones y depósitos

La formación de incrustaciones y depósitos en la caldera ocasiona el sobrecalentamiento de las zonas donde se localizan y finalmente pueden ocasionar fallas del metal de la caldera. La pérdida de transferencia de calor en estas zonas lleva como resultado baja producción de vapor, altos costos de combustible y finalmente daños en la caldera.

5.3.1.2 Eliminación de arrastre

Arrastre se denomina al transporte de agua por el vapor que sale de la caldera. Con relación al tratamiento del agua de la caldera, se debe limitar las concentraciones de sólidos a los valores especificados, manteniendo en mínimo los constituyentes espumantes.

5.3.1.3 Correcciones contra fragilidad

Los daños en el metal de la caldera, causados por rompimiento intercrystalino del acero, pueden llevar a una reparación larga y costosa. El control de la concentración de materias alcalinas cáusticas y las inspecciones periódicas ofrecen puntos de control para evitar daños en el metal de la caldera.

5.3.1.4 Remoción de gases disueltos

Los gases que deben ser eliminados del agua de alimentación son el oxígeno y el dióxido de carbono. La eliminación del oxígeno es imperativa debido a su presencia disuelta en la solución, la presencia de oxígeno causa corrosión de la tubería y metales de la caldera.

5.3.1.5 Protección contra la corrosión

Es necesario limitar la posibilidad de presencia de hierro en el agua, que al oxidarse forma precipitados insolubles. Reduciendo o eliminando el oxígeno disuelto en el agua de alimentación se logra el control efectivo contra la corrosión. La falta de control ocasiona picaduras de tubos y placas tubulares.

5.3.2 Tratamiento Externo

El tratamiento externo de agua para caldera es el procedimiento aplicado al agua de alimentación antes que esta ingrese al interior de la caldera, con la finalidad de evitar los depósitos de lodos e incrustación y la corrosión de las superficies internas de la caldera. El tratamiento externo se logra a través de un procedimiento llamado proceso de intercambio iónico.

5.3.2.1 Proceso de intercambio iónico

Para obtener agua con dureza esencial cero existe un método llamado Proceso de Intercambio Iónico. Este procedimiento para el tratamiento de ablandamiento del agua deriva su nombre del hecho de que ciertos materiales tienen el poder de intercambiar sus iones por los de agua con la que entran en contacto, y se conocen con el nombre de intercambiadores iónicos.

5.3.2.1.1 Principios de operación

El medio del ablandador de agua, es un depósito de minerales el cual está lleno, con granos de poliestireno, llamados también resina o zeolita. Los granos están cargados eléctricamente negativos.

El calcio y el magnesio en el agua llevan cargas positivas. Esto significa que estos minerales se aferrarán en los granos cuando el agua dura pasa a través del depósito mineral. Los iones del sodio también tienen cargas positivas, no obstante tan fuertes como la carga en el calcio y el magnesio. Cuando una salmuera concentrada pasa a través del depósito que contiene los granos plásticos saturados con calcio y magnesio, se mezcla con el volumen de iones de sodio, esto arrastra los iones de calcio y de magnesio fuera de los granos de plástico. El ablandador de agua tiene un depósito de salmuera separado de los granos que usa una sal común para crear esta salmuera. En la operación normal, el agua dura entra en el tanque mineral y los iones de calcio y de magnesio se mueven a los granos, substituyendo iones del sodio. Los iones del sodio entran el agua. Cuando los granos se saturan con calcio y magnesio, la unidad comienza un ciclo trifásico de la regeneración. Primero, la fase de retrolavado invierte el flujo del agua para aflojar el lecho de zeolita y lavarla hidráulicamente. En la fase de la recarga, la solución de sal concentrada y rica en sodio fluye del depósito de la salmuera al depósito mineral. El sodio se recoge en los granos, substituyendo el calcio y el magnesio. En la fase de lavado se elimina el exceso de la salmuera del depósito mineral y se rellena el depósito de la salmuera.

5.4 Limpieza

El nivel interior de la caldera debe mantenerse libre de grasa, sedimento y materiales extraños. Tales depósitos, de haberlos, reducen la duración del recipiente de presión e interfieren con la operación eficiente y funcionamiento de los dispositivos de

control y de seguridad, también pueden hacer necesario reparaciones y paralizaciones, las cuales son innecesarias y costosas. Debe removerse con lavado a presión cualquier cantidad de grasa, lodo o sedimento que se encuentre.

El recipiente de presión y las líneas de vapor y retorno representan un sistema cerrado. La tubería de vapor conectada a la caldera puede contener aceite, grasa o materia extraña, hay que eliminar estas impurezas para evitar daño a las superficies interiores del recipiente de presión.

5.5 Purga

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

Los sólidos penetran con el agua de alimentación, aunque ésta haya sido tratada previamente, los sólidos se hacen menos solubles en el agua más caliente de la caldera y se acumulan en las superficies caloríficas formando incrustaciones y sedimentos perjudiciales. Las incrustaciones tienen un bajo coeficiente de transferencia de calor y actúan como barreras aisladoras. Esto retrasa el traspaso de calor, lo cual provoca menor eficiencia de operación, mayor consumo de combustible y el recalentamiento del metal.

Las incrustaciones son causadas principalmente por sales de calcio y magnesio, sílice y aceite. Cualquier cantidad de sales de calcio y magnesio en el agua de la caldera, generalmente se precipitan por el uso de fosfatos sódicos, junto con materias orgánicas, para mantener estos precipitados o “sedimento” en una forma fluida. Los sólidos tales como las sales de sodio y el polvo disperso no forman incrustaciones fácilmente pero, tan pronto se evapora el agua de la caldera, al agua sobrante es más condensada con los sólidos. Si se permite que esta concentración se acumule, producirá espumación y

arrastre de agua y el sedimento puede causar depósitos perjudiciales originando el recalentamiento del metal. La disminución o eliminación de esta concentración requiere que el agua de la caldera sea purgada.

5.5.1 Tipos de purga

La purga manual se utiliza principalmente para eliminar sólidos suspendidos o sedimento. Los orificios de purga o drenaje están localizados en la parte más baja de la caldera, de forma que además de bajar la concentración de sólidos disueltos en el agua del recipiente de presión, también remueven una parte del sedimento acumulado en la parte mas baja del recipiente.

La purga continua remueve sedimento y aceite de la superficie del agua, junto con una cantidad prescrita de sólidos disueltos. La purga continua se usa conjuntamente con una toma de enrosque hembra para tubo de escape y sirve para la eliminación continua de agua concentrada. El orificio de drenaje, se encuentra en la línea central superior del recipiente de presión y un tubo colector interno que termina un poco más abajo del nivel de agua de operación para el propósito de eliminar el sedimento superficial, aceite u otras impurezas en la superficie del agua del recipiente de presión. Una válvula de orificio regulada se usa para permitir el flujo continuo, pero controlado, del agua concentrada, la válvula se ajusta periódicamente para aumentar o disminuir la cantidad de purga.

5.5.2 Frecuencia de purga manual

Es necesario purgar la caldera (según procedimiento descrito en el punto 5.5.3. Procedimiento para la purga manual) una vez cada 4 horas. Así mismo es necesario purgar la columna de agua varias veces al día, de manera que se realice una vez por turno. La purga en la columna de agua se logra abriendo la válvula de la purga de la

columna de agua aproximadamente por cuatro segundos, esto mantendrá las conexiones de la columna de agua libre de lodos y sedimentos que pueden ocasionar fallas en dicho control, es importante que nunca se deje que desaparezca el agua del nivel visible.

5.5.3 Procedimiento para la purga manual

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

Es necesario asegurarse que la tubería de purga y el tanque estén en buenas condiciones, tubos de descargue libre de obstrucciones y que la descarga se lleve a un punto seguro. La línea de purga cuenta con dos válvulas, una válvula de acción rápida bien cerca de la caldera y una válvula tipo globular de acción lenta, más adelante. La válvula de acción rápida se abre primero y se cierra por último, la purga se logra por medio de la válvula de acción lenta o la válvula tipo globular. La válvula de acción lenta debe abrirse ligeramente para que las líneas se calienten un poco, luego se continúa abriéndola despacio. No se debe abrir la válvula de acción lenta y bombear la válvula de acción de palanca, ya que el golpe de martillo del agua es capaz de romper los cuerpos de las válvulas o accesorios de la tubería. La duración de cada purga es de 7 segundos. La válvula de acción lenta debe cerrarse primero y tan rápido como sea posible, la válvula de acción rápida debe cerrarse después, posteriormente se debe abrir ligeramente la válvula de acción lenta y luego cerrarla firmemente. Bajo ninguna circunstancia se debe dejar abierta una válvula de purga y el operador no debe alejarse hasta haberse completado la operación de purga y las válvulas se hayan cerrado.

5.6 Inspección periódica

La inspección periódica en el recipiente de presión es importante ya que por medio de esta podemos observar cualquier condición anómala. Para realizar esta inspección se debe paralizar la caldera. Cuando se vaya a apagar la caldera, se debe reducir la carga gradualmente y enfriar el recipiente de presión a una rapidez que evite dañar el diferencial de temperatura que podría causar fatigas perjudiciales. El recipiente no debe drenarse hasta que se descargue la presión, ya que si la unidad se drena muy rápido, puede causar calcinación de los depósitos que puedan estar presentes en las superficies caloríficas. Después del enfriamiento y drenado del recipiente, es necesario lavar el interior de la caldera con una manguera de alta presión, así mismo, remover incrustaciones o depósitos de las superficies del interior de la caldera, verificar si hay corrosión externa o interna y fugas.

También debe limpiarse la superficie de las argas de combustión para que la superficie de los metales, soldaduras, conexiones, extremos de los tubos, accesorios pueda inspeccionarse sin dificultad. Las válvulas de vapor, válvulas del agua de alimentación e interruptores eléctricos deben estar cerrados antes de abrir la compuerta de acceso manual, la boca de acceso y las puertas delantera y trasera. Antes de entrar al recipiente de presión, éste debe ser ventilado. Se recomienda usar linternas y no introducir cordones eléctricos dentro de la caldera por razones de seguridad. Limpiar la tubería de cierre de bajo nivel de agua, los controles del nivel de agua y la tubería de interconexión o transversal, reemplazar el vidrio del indicador de agua y limpiar las llaves de cierre de agua y llaves de prueba. Es importante inspeccionar y limpiar las válvulas de drenaje y purga y la tubería correspondiente.

5.7 Lavado del recipiente de presión de una unidad nueva

Las superficies internas de una caldera recién instalada tienen aceite, grasa u otros revestimientos protectivos usados durante la fabricación. Tales revestimientos deben removerse ya que bajan el coeficiente de transferencia de calor y pueden causar el recalentamiento de la tubería. Antes de comenzar los procedimientos de limpieza con soluciones químicas, el quemador deberá estar listo para encenderse.

Los químicos sugeridos para la limpieza de las calderas son el fosfato tri – sódico y la soda cáustica, se sugiere aplicar una libra de químico por 50 galones de agua.

El procedimiento sugerido para la limpieza es el siguiente:

1. Determinar la capacidad de agua para determinar la cantidad de químico.
2. Para disolver el químico: poner agua tibia en un recipiente adecuado. Agregar lentamente el químico seco al agua, agitando constantemente hasta que el químico se disuelva completamente. Agregar el químico despacio y en cantidades pequeñas para evitar calor excesivo y turbulencia. Se recomienda el uso de una máscara apropiada para la cara, gafas protectoras, guantes de hule y ropa protectora cuando se manipule o mezcle químicos cáusticos. No permitir que el material seco o la solución concentrada haga contacto con la piel o la ropa.
3. Fijar un tubo de rebose a una de las aberturas en la parte superior de la caldera y dirigirlo a un lugar segura de descarga. Generalmente se usa el enrosque hembra de una válvula de desahogo o de seguridad.
4. Las válvulas de desahogo de agua y las válvulas de seguridad de vapor deben quitarse antes de agregar la solución química para el lavado, de manera que ni la solución ni la grasa que pueda tener, contaminen estas válvulas.
5. Todas las válvulas en la tubería que se dirijan o vengan del sistema deben cerrarse para prevenir que la solución de limpieza entre al sistema.

6. Llenar el recipiente de presión con agua limpia hasta cubrir todos los tubos. Agregar la solución de limpieza y luego llene completamente. La temperatura del agua utilizada en este llenado inicial deberá ser temperatura ambiente.
7. Luego la caldera se deberá encender intermitentemente con la llama lo suficientemente baja para mantener la solución en el punto preciso de ebullición. Hervir el agua por lo menos durante cinco horas. No produzca presión de vapor.
8. Permitir que un poco de agua fresca entre en la caldera para que ésta se reblase un poco y así eliminar las impurezas de la superficie.
9. Continuar hirviendo y rebalsando el agua hasta que el agua salga clara. Apagar el quemador.
10. Dejar enfriar la caldera a 120 °F o menos, luego drenar la caldera teniendo cuidado que el agua sea descargada con seguridad.
11. Remover las tapas de la compuerta de acceso manual y lavar bien las superficies del nivel interior de la caldera usando un chorro de agua de alta presión.
12. Inspeccionar las superficies del nivel interior de la caldera. Si no están limpias, repetir la operación.
13. Después de cerrar las aberturas e instalar de nuevo las válvulas de desahogo y de seguridad, llenar la caldera y encenderla hasta que la temperatura del agua llegue a 180 °F a fin de eliminar cualquier gas disuelto que de otro forma pudiera corroer el metal.

El condensado debe eliminarse hasta que las pruebas muestren la eliminación de impurezas indeseables. Durante el período de eliminación del condensado, se debe prestar atención al tratamiento de agua cruda usada como reemplazo, de manera que no ocurra acumulación de materiales indeseables o corrosión.

5.8 Preparación para una paralizada extendida

La paralización extendida se dará si la caldera por alguna circunstancia tenga un período ocioso extenso. Se debe prestar atención a estos casos para evitar que las argas de combustión y el nivel interior de la caldera se deterioren por corrosión. Períodos inactivos expone la superficie de las argas de combustión a la condensación a un punto más bajo de la temperatura de condensación durante el enfriamiento. La humedad y cualquier residuo de azufre pueden ocasionar la formación de una solución de ácido. Bajo ciertas circunstancias el efecto corrosivo del ácido es bastante grave para corroer o dañar seriamente los tubos de la caldera u otras superficies de metal durante el tiempo que no se usa la caldera. Al comienzo de la paralización, se debe limpiar las argas de combustión, removiendo el hollín u otros productos de combustión de los tubos, de la placa tubular y de otras superficies de las argas de combustión, generalmente el cepillado y el aspirado de cualquier acumulación que exista es suficiente. Las superficies de las argas de combustión deben limpiarse con agua a presión. Después del lavado, toda humedad que exista debe ser eliminada, ya sea secando con soplador o aplicando calor.

El almacenamiento húmedo es el método a utilizar para esta caldera, debido a las condiciones climáticas que existen en la zona geográfica en donde esta instalada dicha caldera. El recipiente de presión debe ser drenado, limpiarlo internamente y rellenarlo con agua tratada hasta hacerlo rebosar. La unidad debe ser encendida para que el agua hierva por un corto período de tiempo. La presión interna del agua debe mantenerse a una mayor que la presión atmosférica. El nitrógeno se usa a menudo para presurizar el recipiente. La superficie de las argas de combustión debe limpiarse y darle una capa protectora al refractario. Inspecciones periódicas son necesarias para revisar las argas de combustión y el nivel interior de la caldera durante la paralización.

6 INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CALDERA

CLEAVER BROOKS CB-LE DE 600 BHP

6.1 Recepción de la caldera

Siguiendo las siguientes recomendaciones e instrucciones referentes a la recepción de la caldera y su instalación, se obtendrá un correcto funcionamiento de la misma y se evitarán modificaciones posteriores en la instalación.

- Examinar cuidadosamente la caldera en el momento de su llegada para determinar si ha sufrido algún daño durante el transporte. La caldera ha sido inspeccionada y probada antes de salir de la planta, una copia del reporte de prueba se encuentra en el manual.
- Si la unidad no puede ser instalada cuando se reciba, debe colocarse en un lugar seco, limpio y bajo techo.
- La caldera debe instalarse sobre una base firme, no combustible (preferiblemente de concreto) y nivelarse correctamente.
- Debe dejarse suficiente espacio alrededor de la caldera para permitir el acceso a todos sus componentes, con el fin de realizar inspecciones y labores de mantenimiento.
- La zona de la caldera debe mantenerse seca y bien ventilada que permita la llegada de suficiente aire al quemador para una combustión adecuada.

6.2 Inspección general antes de poner en servicio la caldera

La operación mas importante antes de poner en servicio la caldera, es realizar una cuidadosa inspección con el objeto de garantizar, por una parte la seguridad y por

otra el adecuado funcionamiento. A Continuación se presenta los puntos más importantes que deben considerarse.

6.2.1 Partes de presión y tuberías principales

6.2.1.1 Salida de vapor

Verificar los soportes principales para estar seguro de que no se presentarán esfuerzos indebidos en las conexiones de la caldera. Verificar la instalación de la válvula de corte principal, así como sus empaques y tornillos. Tanto la salida como la válvula deben estar aisladas.

6.2.1.2 Cuerpo de la caldera

Inspeccionar la limpieza interior y la tubería. Comprobar la instalación de las válvulas de seguridad. Verificar la conexión del manómetro, no deberá haber bolsas de aire y la línea debe prever venteo. Comprobar las condiciones de las bisagras de puertas de inspección y de los empaques. Inspeccionar el aislamiento.

6.2.1.3 Columna de agua

Verificar que la columna fue instalada a la altura prevista. Todas las válvulas de conexión de la columna deben ser de compuerta y estar instaladas con el vástago hacia abajo.

6.2.1.4 Válvulas de seguridad

Verificar que se ha previsto el espacio de dilatación entre el niple de descarga de la válvula y la tubería correspondiente, de manera que no puedan crearse esfuerzos

inconvenientes. Asimismo, chequear los drenajes de la bandeja de goteo, de manera que no exista peligro de que agua condensada regrese dentro de la válvula, ya que su presencia en el interior de la válvula hace errático el funcionamiento.

6.2.1.5 Tuberías de purgas y drenajes

Comprobar que el sistema tenga posibilidad de expansión y que sea flexible. Todas las líneas deben moverse en conjunto con la caldera y expandirse libremente con el aumento de la temperatura cuando se purgan las líneas. Las válvulas deben ser instaladas con la dirección de flujo correcta.

6.2.1.6 Línea de alimentación de agua

Comprobar la dirección de flujo en los cheques. Verificar los soportes y la posibilidad de dilatación de las líneas. Comprobar los empaques, flanges y tornillos de las uniones. Comprobar la capacidad de la bomba de agua y su operación. Verificar la regulación remota de la bomba y las provisiones de control manual de emergencia del agua de alimentación. Comprobar que existan soportes adecuados en las líneas para evitar cargas excesivas en los niples.

6.2.2 Circuito de aire y gases

6.2.2.1 Ventilador de tiro forzado

Verificar que el alineamiento de los acoples es el correcto, que las tolerancias son las indicadas por el fabricante, que los anclajes han sido asegurados lo suficiente. Comprobar las tolerancias de los conos de entrada y el correcto sentido de rotación del ventilador. Verificar los espaciamientos y los sellos de los ejes. Verificar la operación

correcta del motor y sus sistemas de control. Comprobar que las compuertas tengan facilidad de movimiento durante el funcionamiento del ventilador.

6.2.2.2 Tubo de combustión

Comprobar la limpieza interior, así como el aspecto general de la tubería. Verificar el estado del refractario visible de las gargantas del quemador y mirillas.

6.2.2.3 Pasos de gases

Los pasos de gases deberán estar limpios. Todos los sellos y juntas deben estar apretados. Cualquier sobrante de refractario, ladrillo o cemento deberá ser removido.

6.2.2.4 Chimenea

Comprobar el estado de las bases y los anclajes. De ser posible comprobar la verticalidad. Verificar que los tirantes no causen dificultades cuando la chimenea este caliente, en frío los tirantes deben quedar flojos y templarse en caliente.

6.3 Arranque de la caldera

Al llegar a esta etapa se han cumplido los requisitos de recepción e inspección de la unidad en mención para lograr una operación segura. Con el objeto de detectar rápidamente una condición incorrecta en la ignición, es importante que los instrumentos usados para monitoreo estén en condiciones de trabajo antes del encendido, lecturas de presiones, temperatura e indicaciones confiables del exceso de aire son pre – requisitos de una correcta operación.

6.3.1 Secuencia de arranque

Este procedimiento aplica cuando la temperatura del agua en la caldera es de 195 °F (90 °C) o menos. Se asume que hay suficiente suministro de combustible para la ignición y la normal operación de agua de alimentación, de agua de enfriamiento, de aire de planta antes de iniciar el período de calentamiento.

6.3.1.1 Procedimientos preliminares al arranque

Antes de iniciar operación alguna, se debe verificar:

- Que las superficies internas de la caldera estén limpias y libres de depósitos adherentes.
- Que todas las conexiones de la caldera estén correctamente aseguradas.
- Que los conductos de aire y gases estén libres de elementos extraños. Refractario en buenas condiciones y previsiones de expansión apropiadas.
- Que las puertas de acceso estén bien aseguradas.
- Que no haya válvulas de seguridad amordazadas y que tienen facilidad de accionamiento manual.
- Que todos los servicios estén disponibles: agua de alimentación, compresor de aire, combustible de ignición, combustible principal, etc.
- Que el suministro eléctrico a los paneles de control es correcto.
- Que todos los controles e instrumentos estén disponibles para operación.

6.3.1.2 Verificar la operación de las válvulas

Probar la operación de todas las válvulas de la caldera y posicionarlas para el arranque.

6.3.1.3 Llenado de la caldera

Para el llenado de la caldera seguir el siguiente procedimiento:

- a. Verificar que el sistema de bombeo de agua de alimentación está operando.
- b. Abrir la válvula de corte en la línea de alimentación de agua a la caldera.
- c. Comenzar a llenar la caldera. La rata de llenado debe ser controlada para asegurar el completo venteo de aire de la caldera.
- d. Cerrar los venteos de la línea de alimentación cuando el agua reboce libre y continuamente por ellos.
- e. A medida que suba el nivel de agua en la caldera, verificar que el corte esté por muy bajo nivel y que las indicaciones por bajo nivel actué apropiadamente.
- f. Llenar la caldera dejando el nivel aproximadamente 2” abajo del nivel normal.
- g. Cerrar la válvula de alimentación de agua o la de llenado manual o parar la bomba, según sea el caso.

6.3.1.4 Procedimientos posteriores al llenado

- a. Verificar que el sistema de alimentación de combustible este disponible para operar con aceite pesado No. 6.
- b. Efectuar un chequeo al quemador: boquillas limpias y apropiadamente instaladas, conectores de la parte eléctrica acoplados, abrir válvulas manuales individuales de combustible.
- c. Verificar la apropiada operación del registro de salida del ventilador.
- d. Verificar el sistema de rodamientos del ventilador y del motor.
- e. Iniciar la secuencia del programador verificando que el sistema de combustión se encuentre en manual y bajo fuego.
- f. Verificar y efectuar los ajustes necesarios a la relación aire/combustible para mantener la llama y el exceso de aire apropiado en bajo fuego.

- g. Cuando se perciba que el vapor sale fuerte y continuamente por los venteos y que la presión del tambor pasa de 25 PSIG, cerrar la válvula de venteo ubicada en la columna de agua de la caldera.
- h. Verificar que se mantiene el nivel normal de agua. Inicialmente, con el incremento de temperatura del agua de la caldera, el nivel subirá. Si es necesario se debe usar las purgas de la caldera para mantener el nivel.
- i. Mientras la unidad este en calentamiento debe verificarse: expansión de la cubierta metálica, los equipos y tubería que estén unidos a la caldera no deberán estar sometidos a esfuerzos sino libres para dilatar, verificar el sistema de combustión, sistema y control de agua de alimentación y de caldera debe estar operando correctamente.
- j. Cuando las condiciones de vapor sean aproximadamente las de trabajo se debe proceder a colocar el control de combustión en posición modulando.

6.3.1.5 Conexión a una línea fría

Cuando el control de combustión se encuentre en la posición modulando se deberá:

- a. Abrir todas las líneas de drenaje de la línea fría y los bypass de las trampas de la línea principal.
- b. Abrir parcialmente la válvula de salida de vapor.
- c. Realizar el calentamiento de la línea de vapor lentamente.
- d. Cuando la línea este caliente y a plena presión, abrir completamente la válvula de salida de vapor.
- e. Cuando se haya establecido un flujo normal de vapor, cierre los drenajes y abra las trampas de la línea principal, comprobando que éstas se pongan en funcionamiento.

- f. Comprobar la abertura de todas las válvulas de acuerdo con las necesidades específicas de la planta.
- g. Proceder con la operación normal.

6.4 Importancia de la inspección y mantenimiento preventivo para la caldera Cleaver Brooks CB de 600 BHP

La inspección y mantenimiento a la caldera ayuda a evitar paralizaciones de trabajo innecesarias o reparaciones costosas y promover seguridad. Es recomendable mantener un diario o registro de la caldera. Los registros de las actividades de mantenimiento diarios, mensuales y anuales, proporciona una guía valiosa y ayuda a obtener servicio duradero y económico del equipo Cleaver Brooks.

6.5 Programa de mantenimiento preventivo para la caldera Cleaver Brooks CB-LE de 600 BHP

Para iniciar el mantenimiento preventivo de la caldera es condición previa e indispensable que ésta funcione satisfactoriamente, por lo que deberá considerarse inicialmente la evaluación completa de las condiciones de operación y funcionamiento. También es necesario que el mantenimiento preventivo se realice sistemáticamente, es decir, mediante acciones periódicas y en un orden preestablecido. Dentro de estas acciones existen algunas que deben realizarse rutinariamente pues mediante ellas se puede detectar cualquier falla, así como contribuir a prolongar la vida útil del equipo. Dichas condiciones son: observación de la operación, pruebas periódicas, inspección y supervisión. Las actividades de mantenimiento preventivo para la caldera Cleaver Brooks se describirán mas adelante.

6.5.1 Observación de la operación

Esta actividad la ejecuta normalmente el operador del equipo, aún cuando es verificada cada cierto tiempo por el personal de mantenimiento. Cada caldera tiene un sonido característico que indica si su funcionamiento es normal, cualquier cambio en este sonido merece la atención inmediata del operador, ya que una avería podría estar próxima a ocurrir y una intervención a tiempo representaría la posibilidad de ahorrar cuantiosos gastos en reparaciones graves. La observación de la operación debe completarse con la aplicación de controles, en donde se registren algunos parámetros de operación (temperaturas, presiones, niveles, etc.) que indicaran al haber cambios significativos la presencia de algún problema.

6.5.2 Pruebas periódicas

Esta actividad es realizada por el operador y el encargado de mantenimiento (dependiendo de la complejidad y del grado de conocimiento técnico que se requiera), las pruebas permiten descubrir la posibilidad de fallas antes de que éstas se presenten.

6.5.3 Inspección

Esta actividad la realiza tanto el operador como el encargado de mantenimiento. Se pretende que las inspecciones realizadas en forma periódica permitan descubrir piezas o partes defectuosas que, de no cambiarse o repararse, podrían causar fallas graves. Para facilidad del operador y del encargado de mantenimiento, en un programa de mantenimiento preventivo se contemplan rutinas de trabajo, las cuales especifican las acciones a realizar y el orden de realización.

6.5.4 Supervisión

La realiza el encargado de mantenimiento con el propósito de brindar todo el apoyo necesario para el buen funcionamiento de la caldera y equipos.

6.6 Guía para rutinas de mantenimiento preventivo para la caldera *Cleaver Brooks CB-LE de 600 BHP*

La parte más importante para el buen funcionamiento de la caldera es brindar un adecuado mantenimiento regular al equipo. Si se realizan las actividades del mantenimiento se tendrá la seguridad de que la caldera funcionará con un mínimo de paradas costosas, será más económica y evitará altos costos de reparación. La base de un buen mantenimiento es una buena operación. A continuación se indican las actividades que forman parte del mantenimiento preventivo.

6.6.1 Puntos básicos a realizar diariamente

Las actividades que a continuación se indican las realiza continuamente a lo largo del día el encargado de la caldera, dicha persona la información de interés en una bitácora diaria que le permite llevar el control de ciertas variables, por ejemplo: presiones y temperaturas, control de purgas y algunas observaciones que a su criterio sean necesarias dejarlas indicadas, el formato de la bitácora se muestra en la figura 19. Los puntos básicos a realizar diariamente son:

- Ciclo de funcionamiento del quemador.
- Control de la bomba de alimentación y/o corte por bajo nivel.
- Control del programa de purgas: columna principal, columna auxiliar y de fondo.

- Verificación de mala combustión, desajustes de la relación aire – combustible: Humos en la chimenea, temperatura de los gases, depósitos de hollín, etc.
- Verificación diaria de la presión de vapor, consumo de combustible, presión y temperatura del mismo, por medio de un registro de funcionamiento que lo acostumbre a notar anormalidades.

6.6.2. Mantenimiento mensual

El mantenimiento mensual y general lo brinda la empresa Unión de Servicios Industriales (USI, por sus siglas) ya que dichos mantenimientos son servicios subcontratados. El encargado de la caldera supervisa las actividades realizadas por los técnicos de USI. Las actividades contempladas en el mantenimiento mensual son:

- Limpiar con cuidado el polvo de los controles eléctricos y revisar los contactos de los arrancadores. Verificar que el interruptor general este desconectado antes de hacer limpieza, mantenga siempre cerrada la puerta del gabinete de control a menos que se haga algún trabajo en los controles eléctricos.
- Limpiar todos los filtros en líneas de combustible y/o aire. Siempre que se limpie el filtro cerciorarse del estado de los mismos, el tipo de suciedad y la hermeticidad de las tapas o tapones.
- Limpiar los filtros de agua de alimentación de la caldera: filtro de la válvula de entrada de agua al tanque de condensado y el filtro de descarga a la bomba de alimentación. Comprobar el funcionamiento de las válvulas de control de nivel. Revisar la bomba de alimentación, su lubricación, los empaques, ajustes de las conexiones. Verificar el alineamiento de la bomba de alimentación con su motor, si la bomba se ha desalineado causa vibraciones y posibles daños en acople y rodamiento.

- Efectuar mantenimiento del sistema de combustión: desmontar y limpiar el conjunto del quemador. Desmontar el conjunto de la boquilla, no se debe limpiar la boquilla con instrumentos metálicos, revisar el empaque de caucho interior de la boquilla y reemplazarlo si esta desgastado. Revisar el electrodo del sistema de encendido y verificar que la apertura es correcta, limpiar el conjunto y revisar el aislamiento para ver si no está roto. Limpiar la fotocelda con un trapo seco al igual que el conducto en donde va colocada. Verificar el filtro del compresor de aire. Realizar análisis de gases de la combustión.
- Verificar los tornillos de anclajes de los motores, bombas y acoples.
- Verificar el estado de todas las trampas de vapor. Las trampas defectuosas no solo malgastan el vapor sino que también en los sistemas con retorno de condensados se presentan bloqueos.
- Efectuar revisión de la columna de agua. Realizar purga de columna principal.
- Limpiar la malla de entrada de aire al ventilador.
- Verificar todos los acoples, motores, la tensión de la correas en “V”.
- Verificar el funcionamiento de las válvulas de seguridad.
- Revisión de falla por bajo nivel de agua.
- Revisión de los controles de seguridad y operación: presuretrol, control de la presión de vapor, control de la presión de vapor auxiliar.
- Chequear el funcionamiento de los termómetros y manómetros.

6.6.3. Mantenimiento general

También llamado mantenimiento trimestral, ya que se realiza a cada tres meses, durante el año se realizan 4 mantenimientos de este tipo. Las actividades contempladas en el mantenimiento general son:

- Se efectuará las actividades contempladas en el mantenimiento mensual.

- Revisar el lado de agua de la caldera. Una vez la caldera esta fría se debe drenar por completo, abrir las tapas de registros de mano y la tapa de registro de hombre y lavar bien con agua a presión, verificando que toda la incrustación y sedimentos sean removidos del interior de la caldera.
- Después de lavar la caldera, examinar con cuidado las superficies de evaporación, para ver si hay indicios de corrosión, picadura o incrustación. Cualquier indicio de estas condiciones denota la necesidad de dar mejor tratamiento de agua a la caldera.
- Utilizar empaque nuevos al volver a colocar las tapas de registros de mano y la tapa de registro de hombre. Antes de colocar los empaques, limpiar los residuos de las juntas viejas, los asientos de las tapas y el interior de la caldera. Aplique grafito en polvo a las juntas para facilitar su cambio la próxima vez que se destape la caldera.
- Si es necesario, cambiar las correas en V. Antes de instalar un nuevo juego de correas, se debe verificar la alineación de las poleas, los ejes deben estar paralelos y los centros de los canales de ambas poleas en perfecta alineación. Nunca usar correas nuevas y usadas en el mismo juego, se debe hacer el cambio total de las correas. Después de un funcionamiento inicial de 36 horas de las correas reemplazadas, se debe revisar la tensión de las mismas.
- Limpiar el lado de fuego de los tubos, la eficiencia de la caldera depende en gran parte de una superficie limpia de los tubos. El hollín actúa como aislador y evita la absorción del calor. Los tubos deben limpiarse adicionalmente cuando lo indique la alta temperatura del la chimenea o la baja producción de vapor.
- Al llenar la caldera para volver a ponerla en servicio, se debe verificar la hermeticidad de las tapas de inspección y acceso, apretándolas con una llave a medida que calienta la caldera y suba la presión.
- Limpieza del flotador del control de nivel de agua. Desmontar el Mc. Donnell, limpiar el flotador con cuidado y revisar que no tenga picaduras, si existen reemplace por uno nuevo.

- Verificar el estado de la cámara de combustión y refractarios. Revisar que el refractario de las puertas y tapaderas este en buen estado, si presentan grietas biselarlas profundamente a todo lo largo, rellenarlas con concreto o cemento refractario.
- Limpiar la chimenea hasta donde sea posible, limpiar el interior de la chimenea para evitar posibles acumulaciones de hollín que podrían dañarla, revisar que no existan filtraciones de agua, si existen corregirlas de inmediato.
- Revisión de las válvulas de purga.

7. DIAGNÓSTICO DE AVERIAS EN LA CALDERA

CLEAVER BROOKS CB-LE DE 600 BHP

En esta sección se da por entendido que la caldera ha estado funcionando por algún tiempo antes que se presenten los problemas que a continuación se mencionan, además es necesario que el operador este familiarizado con el quemador. Los puntos bajo cada encabezamiento en este capítulo se identifican brevemente como causas posibles, sugerencias o indicios para simplificar la localización del origen del problema.

El conocimiento del sistema y sus controles facilitará el diagnóstico de averías. Se puede evitar paralizaciones o demoras costosas verificando sistemáticamente la operación real contra la secuencia normal para determinar donde el rendimiento se desvía de lo normal. Seguir una rutina de funcionamiento puede pasar por alto un problema sencillo, por eso se recomienda hacer una inspección detallada de todas las partes donde se considera que existe el problema.

7.1. El quemador no arranca

Posibles causas:

1. El interruptor de separación principal esta abierto.
2. Los fusibles están quemados, la conexión eléctrica esta floja.
3. El interruptor de seguridad del control de la combustión requiere ajuste:
 - Verificar la corriente entre las terminales L1 y L2 (bornes 4 y 5 en el tablero).
 - Verificar que los contactos apropiados del relevador este cerrados.

4. El circuito limitador no esta completo (no hay corriente en la Terminal 3 del programador, TB6):
 - La presión o la temperatura es mayor que el ajuste del control de operación (la luz de la demanda de carga no se enciende).
 - El agua esta debajo del nivel requerido (la luz de bajo nivel de agua y alarma deben indicar esta condición).
 - La presión del combustible debe estar dentro de los ajustes de los interruptores de baja y alta presión.
 - La temperatura del aceite combustible es menor que el ajuste mínimo.
5. El motor esta defectuoso.
6. Si el quemador enciende, pero se apaga después de unos segundos, verifique el circuito del interruptor de prueba de aire.

7.2. No hay ignición

Posibles causas:

1. Hay una falta de chispa:
 - El electrodo esta conectado a tierra o la porcelana esta quebrada.
 - El ajuste del electrodo está incorrecto.
 - El Terminal está flojo en el cable de la ignición; el cable tiene cortocircuito.
2. Hay chispa pero no hay llama:
 - Hay una falta de combustible: no hay presión de gas, la válvula esta cerrada, el tanque esta vacío, la línea esta rota.
 - El solenoide del piloto no funciona.
 - Poco o cero voltaje en la válvula solenoide del piloto de gas: verificar la corriente en la Terminal 5 ó 6.

3. El interruptor de baja alimentación esta abierto:
 - El actuador de compuerta no está cerrado, la leva esta deslizada, el interruptor está defectuoso.
 - La compuerta de aire está trabada o la conexión está enlazada.
4. Verificar los entrecierres y el circuito a la Terminal 12.

7.3. Llama en el piloto, pero no hay llama principal

Posibles causas:

1. No hay suficiente llama del piloto.
2. Verificar la alimentación de aceite:
 - El suministro de aceite esta interrumpido por obstrucción, la válvula está cerrada o hay una falta de succión.
 - La bomba de alimentación no funciona.
 - No hay combustible.
 - Válvula solenoide no funciona.
 - Inspeccionar la boquilla del aceite, inyector y líneas.
3. El programador no funciona:
 - Si el relevador 2K no se retracta cuando se enciende la llama del piloto, verificar el detector de la llama, los contactos y el amplificador.
 - Si el relevador 2K se retracta pero la válvula de combustible no tiene corriente, verificar el voltaje en la Terminal 7. Si no hay voltaje, inspeccionar los contactos.
 - El detector de la llama esta defectuoso, el tubo de inspección está obstruido o los lentes del detector están sucios.

7.4. El quemador permanece con llama baja

Posibles causas:

1. La presión o temperatura están arriba del ajuste del control de modulación.
2. El interruptor manual – automático está en la posición incorrecta.
3. El motor de modulación no funciona.
4. El control de modulación está defectuoso.
5. La interconexión, las levas, los tornillos de ajuste, etc., están entrelazados o flojos.
6. Verificar los contactos del relevador.

7.5. Falla ocurre durante el encendido

Posibles causas:

1. Hay una pérdida o interrupción del suministro de combustible.
2. La válvula de combustible está defectuosa; la conexión eléctrica está floja.
3. El detector de llama está débil o defectuosos.
4. Los lentes están sucios o el tubo de observación está obstruido.
5. Si el interruptor de cierre del programador no se ha desenganchado: verificar los controles del circuito limitador, entrecierre o motor del ventilador.
6. Si el interruptor de cierre del programador se ha desenganchado: inspeccionar las líneas de combustible y las válvulas, inspeccionar el detector de llama, verificar visualmente el cronómetro y los contactos del relevador.
7. El dispositivo de entrecierre está defectuoso o no funciona.
8. Hay una relación de aire – combustible inadecuada (fuego pobre):

- La interconexión esta deslizando.
- La compuerta de aire esta trabada (abierta).
- El suministro de combustible esta fluctuante.
- Hay una obstrucción temporal en la línea de combustible.
- Hay una caída temporal en la presión del gas.
- La válvula de compuerta tipo orificio se abrió accidentalmente.

7.6. Motor modulador no funciona

Posibles causas:

1. El interruptor manual – automático está en la posición incorrecta.
2. La interconexión está floja o trabada.
3. El motor no se enciende ni se apaga durante la pre – purga y no se para cuando el quemador se apaga.
4. El motor no funciona cuando se le requiere:
 - El interruptor manual – automático está en la posición incorrecta.
 - El control de modulación está ajustado incorrectamente o no funciona.
 - Verificar los contactos apropiados.
5. El motor no funciona:
 - La conexión eléctrica está floja.
 - El transformador del actuado de compuerta está defectuoso.

8. SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL

8.1 Importancia de la seguridad e higiene industrial

La prevención de accidentes es un tema de importancia para cualquier empresa, en especial en aquellas como la fabrica de sopas instantáneas que cuentan con equipo y maquinaria que deben ser operadas con precaución y responsabilidad, ya que un descuido puede significar poner en riesgo al personal que labora, como al equipo o maquinaria con la que se cuenta.

La seguridad e higiene industrial es la base para una gestión de la seguridad y la salud en el trabajo. La seguridad e higiene industrial en el trabajo es el método idóneo para prevenir los accidentes y debe ser uno de los objetivos diarios.

8.2 Seguridad industrial

La seguridad industrial se define como un conjunto de normas y procedimientos para crear un ambiente seguro de trabajo, a fin de evitar pérdidas personales y/o materiales. Así mismo es el proceso mediante el cual el hombre, tiene como fundamento su conciencia de seguridad, minimiza las posibilidades de daño de sí mismo, de los demás y de los bienes de la empresa. La Seguridad Industrial es una actividad técnico administrativa, dicha actividad es consecuencia de la etapa histórica, conocida con el nombre de Revolución Industrial, la cual se inicia en 1776, a raíz de haber inventado el Ingeniero Inglés James Watt, la máquina de vapor. Las primeras medidas en cuanto a seguridad se refiere, comenzaron a tomarse en Inglaterra, al nombrarse inspectores, los cuales visitaban a las empresas y recomendaban la colocación de protectores de los llamados puntos críticos de las máquinas, lugares en los que podían ser afectados los obreros, al ser atrofiados a manos, brazos y piernas. Estas recomendaciones no surtían

los efectos apetecidos, por carecer de sanciones para aquellos patronos que no la pusieran en práctica y como no existían precedentes al respecto, desde el punto de vista de justicia social, eran los obreros los que soportaban la peor parte. Para el año 1868, se emite en Alemania la Ley de Compensación al Trabajador, dicha ley establecía, que todo trabajador que sufriera una lesión incapacitante, como consecuencia de un accidente industrial, debía ser compensado económicamente por su patrón. Dicha ley se fue adoptando rápidamente en los países industrializados de Europa y en los Estados Unidos. Debido a los fuertes desembolsos que tenían que hacer los propietarios de empresas, dispusieron que los accidentes que produjeran lesiones incapacitantes fueran investigados, con la finalidad de descubrir los motivos que los provocaban y hacer las correcciones de lugar, para que en el futuro por una causa similar, no ocurrieran hechos parecidos.

8.2.1 Causas de los accidentes

Los accidentes no son casuales, sino que se causan. Creer que los accidentes son debidos a la fatalidad es un grave error, sería tanto como considerar inútil todo lo que se haga a favor de la seguridad en el trabajo y aceptar el fenómeno del accidente como algo inevitable. Sin embargo, los accidentes de trabajo se pueden evitar y para ello identificamos los actos inseguros, luego los corregimos, así mismo, analizamos las condiciones inseguras, luego se proponen medidas para erradicar dichas condiciones.

8.2.1.1 Análisis de actos inseguros

Acto inseguro es la causa humana que actualiza la situación de riesgo para que se produzca el accidente. Esta acción lleva aparejado el incumplimiento de un método o norma de seguridad, explícita o implícita, que provoca dicho accidente.

En varios recorridos por el cuarto de máquinas o sala de calderas se apreciaron los siguientes actos inseguros:

- Personal de la empresa que efectúa mantenimiento a la caldera estacionó el vehículo en el cual se conducían frente a la sala de calderas. El área donde el vehículo quedó parqueado no es un área de estacionamiento, es un área para el tránsito de personal y montacargas.
- Personal que realizaba una inspección de rutina en la caldera portaba herramienta tales como: martillo, desarmadores, llaves, etc, las cuales fueron guardadas por dichas personas en los bolsillos del pantalón. La herramienta debe ser guardada y transportada en una maleta o en una caja con el fin de evitar que dicha herramienta le cause lesión al trabajador en caso que este tropiece o caiga.

8.2.1.2 Análisis de condiciones inseguras

Condición insegura se refiere al grado de inseguridad que pueden tener la instalación, la maquinaria, los equipos, las herramientas y los puntos de operación.

Inspeccionando la sala de calderas se detectaron las siguientes condiciones inseguras:

- Hay pocos extintores en la sala de calderas. Solamente hay un extintor de polvo químico para fuego ABC en la sección donde esta instalada la caldera, la sección donde esta el equipo para tratamiento de agua, el condensador y la sección donde está el compresor y el generador no cuentan con extintores. Deberían haber como mínimo 2 extintores de polvo químico para fuego ABC en dicha área.
- Bolsas de arena seca cernida insuficientes. La arena seca cernida es de importancia si en dado caso hay derrame de aceite pesado no. 6 u otros aceites

lubricantes utilizados en los equipos o maquinaria. Mantenerse medio tonel de arena seca cernida.

- Falta de señalización. Existe la carencia de rótulos para indicar algunas precauciones que se deban tomar, aviso de peligros o delimitar zonas restringidas. Por ejemplo, no hay indicaciones visibles sobre la manera correcta de actuar en caso de algún terremoto o incendio, no hay avisos de “No fumar” en el área en donde se encuentra el tanque de petróleo diario y el tanque de suministro de gas.
- No existe el diseño de rutas de evacuación.
- El tanque de condensado deja escapar vapor justo debajo de una lámpara fluorescente. La instalación del tanque de condensado no contemplo la ubicación de una lámpara que se encuentra justo arriba de dicho tanque, cuando escapa vapor hacia la atmósfera el vapor que expide el tanque de condensado envuelve a la lámpara.

8.2.2 Normas generales de prevención de accidentes

Como recomendación general todos los empleados tanto de la planta como el personal asignado a la sala de calderas deben estar conscientes de seguir las normas de seguridad, conocer las salidas en caso de emergencia y saber manejar los elementos de seguridad.

A continuación se lista algunas recomendaciones a seguir:

1. Sólo se debe fumar en aquellas zonas en las que esté expresamente indicado. Esta norma debe cumplirse por todos los empleados y hacerse cumplir a los visitantes.
2. Las cerillas y cigarrillos deben depositarse en los ceniceros y asegurarse de que queden completamente apagados. Nunca se depositarán en papeleras, cubos de basura o donde se recicle papel.

3. No sobrecargar la toma de corriente. Si es necesario es mejor que se solicite una toma de corriente fija.
4. Al terminar la jornada de trabajo, asegurarse de que todos los aparatos eléctricos que no se utilicen están apagados.
5. En la bodega o en zonas potencialmente peligrosas no hay que utilizar electrodomésticos que tengan piezas incandescentes.
6. En las bodegas y archivos en los cuales no permanezcan personas por mucho tiempo desconectar los aparatos eléctricos que se encuentren conectados.
7. Nunca cambiar de sitio un extintor.
8. No colocar materiales o aparatos de forma que pueden entorpecer la accesibilidad a los medios de protección. El pasillo debe estar siempre libre.
9. En caso de utilizar agua como agente extintor es preciso asegurarse que el suministro eléctrico a la zona se encuentra desconectado.
10. Para realizar reparaciones o mantenimiento a cualquier motor de combustión o eléctrico, eje de transmisión o similar, máquinas con motor u otras, hay que comprobar que nadie los pueda poner a funcionar sin que se autorice.
11. Nunca se ha de llevar herramientas en los bolsillos.
12. Mantener los pisos despejados y bien barridos. La limpieza en general hace tanto un ambiente agradable y seguro de trabajo.

8.2.3 Equipo y elementos de protección personal y colectiva

El servicio de higiene y seguridad en el trabajo debe determinar la necesidad de uso de equipos y elementos de protección personal, las condiciones de utilización y vida útil. La necesidad de utilizar un determinado equipo de protección personal depende de las atribuciones de cada empleado y el nivel de seguridad que debe tener para desarrollarlas. Los equipos y elementos de protección personal, deben ser proporcionados a los trabajadores y utilizados por éstos, mientras se agotan todas las instancias científicas y técnicas tendientes al aislamiento o eliminación de los riesgos.

A continuación se muestra los diferentes equipos de protección personal, riesgos a cubrir y principales requisitos de los mismos.

8.2.3.1 Ropa de trabajo

El equipo de protección es en sí la ropa de trabajo, la cual cubre nuestro cuerpo de riesgos como proyección de partículas, salpicaduras, contacto con sustancias o materiales calientes, condiciones ambientales de trabajo.

Requisitos:

1. Ser de tela flexible, que permita una fácil limpieza y desinfección y adecuada a las condiciones del puesto de trabajo.
2. Ajustar bien al cuerpo del trabajador, sin perjuicio de su comodidad y facilidad de movimientos.
3. Siempre que las circunstancias lo permitan, las mangas deben ser cortas y cuando sean largas que se ajusten adecuadamente a los brazos.
4. Eliminar o reducir en lo posible, elementos adicionales como bolsillos, bocamangas, botones, partes vueltas hacia arriba, cordones y otros, por razones higiénicas y para evitar engaños.
5. No usar elementos que pueden originar un riesgo adicional de accidente como ser: corbata, bufandas, tirantes, pulseras, cadenas, collares, anillos y otros.
6. En casos especiales debe ser de tela impermeable, incombustible, de abrigo resistente a sustancias agresivas, y siempre que sea necesario de dotar al trabajador de delantales, mandiles, chalecos, fajas, cinturones anchos y otros elementos que puedan ser necesarios.

8.2.3.2 Protección craneana

El equipo de protección es básicamente cascos de seguridad, contra impactos o protección contra fuego o productos químicos y capuchones. Cubre la cabeza por riesgo de caída de objetos, golpes con objetos, contacto eléctrico o salpicaduras.

Requisitos:

1. Ser fabricados con material resistente a los riesgos inherentes a la tarea, incombustibles o de combustión muy lenta.
2. Proteger al trabajador de las radiaciones térmicas y descargas eléctricas.

8.2.3.3 Protección ocular

Pueden ser antiparras, anteojos, máscara o caretas faciales. Protegen nuestros ojos de proyección de partículas, vapores (ácidos, alcalinos, orgánicos), salpicaduras, radiaciones (infrarrojas, ultravioletas, etc.).

Requisitos:

1. Tener armaduras livianas, indeformables al calor, inflamables, cómodas, de diseño anatómico y de probada resistencia y eficacia.
2. Cuando se trabaje con vapores, gases o aerosoles, deben ser completamente cerradas y bien ajustadas al rostro, con materiales de bordes elásticos.
3. En los casos de partículas gruesas deben ser como las anteriores, permitiendo la ventilación indirecta.
4. En los demás casos en que sea necesario, deben ser con monturas de tipo normal y con protecciones laterales, que puedan ser perforadas para una mejor ventilación.
5. Deben ser de fácil limpieza y reducir lo menos posible el campo visual.

6. Las pantallas y visores deben estar libres de estrías, ralladuras, ondulaciones u otros defectos y ser de tamaño adecuado al riesgo.
7. Se deben conservar siempre limpios y guardarlos protegiéndolos contra el roce.

8.2.3.4 Protección de los pies

El equipo consta de calzado de seguridad, rodilleras y protecciones contra el calor, frío o electricidad. Riesgos a cubrir de golpes y/o caída de objetos, penetración de objetos, resbalones, contacto eléctrico.

Requisitos:

1. Cuando exista riesgo capaz de determinar traumatismos directos en los pies, deben llevar punta con refuerzos de acero.
2. Si el riesgo es demasiado por productos químicos o líquidos corrosivos, el calzado debe ser confeccionado con elementos adecuados, especialmente la suela.
3. Cuando se efectúen tareas de manipulación de metales fundidos, se debe proporcionar un calzado que sea aislante.

8.2.3.5 Protección de manos

El equipo consta de guantes, manoplas, dedil, etc. Cubren de riesgos como salpicaduras (químicas, material fundido), cortes con objetos y/o materiales, contacto eléctrico, químico, térmico y mecánico.

Requisitos:

1. Contar con el material adecuado para el riesgo al que se va a exponer.
2. Utilizar guante de la medida adecuada.
3. Los guantes deben permitir una movilidad adecuada.

8.2.3.6 Protección respiratoria

El equipo de protección puede ser mascarillas y filtros, los cuales cubren los siguientes riesgos: inhalación de polvos, vapores, humos, gases o nieblas que puedan provocar intoxicación o suministro de aire limpio al trabajador.

Requisitos:

1. Ajustar completamente para evitar filtraciones.
2. Controlar su conservación y funcionamiento con la necesaria frecuencia y como mínimo una vez al mes.
3. Limpiar y desinfectar después de su empleo.
4. Almacenarlos en compartimientos amplios y secos.
5. Las partes en contacto con la piel deben ser de goma especialmente tratado o de material similar, para evitar la irritación de la epidermis.
6. Los filtros mecánicos deben cambiarse siempre que su uso dificulte la respiración.
7. Los filtros químicos deben ser reemplazados después de cada uso y si no se llegan a usar, a intervalos que no excedan de un año.

8.2.3.7 Protección de caídas desde alturas

El equipo de protección puede ser arnés, cinturón de seguridad; dicho equipo cubre el riesgo de caída desde altura.

Requisitos:

1. Deben contar con anillos por donde pase la cuerda salvavidas, las que no pueden estar sujetas por medio de remaches.

2. Los cinturones de seguridad se deben revisar siempre antes de su uso, desechando los que presenten cortes, grietas o demás modificaciones que comprometan su resistencia.
3. No se puede utilizar cables metálicos para las cuerdas salvavidas.
4. Se debe verificar cuidadosamente el sistema de anclaje y su resistencia y la longitud de las cuerdas salvavidas ser lo más corta posible, de acuerdo a la tarea a realizar.

8.3 Higiene industrial

El bienestar de los trabajadores en la fábrica no solo depende de evitar que sufran accidentes (de eso se encarga la seguridad industrial) sino de evitar que sufran enfermedades ocupacionales, de esto trata la higiene industrial. La enfermedad ocupacional, se presenta como resultado de la exposición en forma continua a los factores de riesgo del ambiente laboral, no es brusca, sino que provoca alteraciones paulatinas en los órganos del cuerpo.

8.3.1 Condiciones y medio ambiente de trabajo

Entendemos el medio ambiente de trabajo como todo aquello que rodea al empleado en la fábrica, para que el trabajador este en un ambiente agradable de trabajo deben existir ciertas condiciones que la empresa debe proveer al trabajador. Se platicó anteriormente de ciertas condiciones que de no ser seguras ponen en riesgo la vida del trabajador, sin embargo las personas deben poner de su parte cumpliendo con las recomendaciones para prevenir accidentes. Las condiciones de trabajo que se pasan por alto debido a que en un corto tiempo no afectan al trabajador son muy perjudiciales para este, ya que con el tiempo repercuten en las personas afectando el ambiente laboral, puesto que se ausenta por enfermedad y también repercute en su vida familiar ya que probablemente debido a una grave enfermedad se quede sin trabajo y no sea contratado

nuevamente por cualquier empresa. Debido a esto hay que tomar en cuenta ciertos factores que por no ponerles atención puedan afectar en un largo plazo al trabajador, a continuación mencionamos algunos.

1. Factores físicos: son debidos propiamente a la forma como la fábrica opera. La caldera, el compresor de aire o el generador provocan niveles altos de ruido, si el personal que labora en el cuarto de máquinas no hace uso del equipo de protección que se le brinda, con el tiempo puede padecer de sordera y otros problemas a consecuencia de esto. El ruido es uno de los factores importantes, pero así como este factor también hay que velar por las vibraciones producidas por la maquinaria o la iluminación en estas áreas. La ventilación y la temperatura no son problema en la sala de calderas, debido a que ésta área esta muy bien ventilada por lo que siempre hay un ambiente fresco.
2. Factores químicos: la supervisión de las instalaciones es de vital importancia ya que un derrame de aceite combustible o fuga en el suministro de gas pueden provocar la generación de humos, vapores, gases o nieblas que en dado caso puedan afectar al trabajador. La exposición continua y prolongada de lo anterior provoca en el trabajador problemas respiratorios, intestinales y afecta al sistema nervioso.
3. Factores ergonómicos: el diseño inadecuado de las instalaciones se ve reflejado cuando el trabajador cumple con sus tareas rutinarias pero lo inaccesible de los instrumentos de control provoca que el trabajador realice dichas asignaciones actuando de manera insegura, lo cual puede incurrir en que la operación se realice a su vez de manera inadecuada debido a la inaccesibilidad de los instrumentos de control.

9. MEDIO AMBIENTE

9.1 Evaluación de impacto ambiental

La evaluación de impacto ambiental es un mecanismo científico – técnico que se utiliza para analizar aspectos físico – biológicos, socio – económicos o culturales del ambiente en el que se desarrolle un proyecto.

El estudio de impacto ambiental debe cumplir con los siguientes requisitos:

1. Garantizar que todos los factores ambientales relacionados con el proyecto hayan sido considerados.
2. Determinar impactos ambientales adversos significativos, de tal suerte que se propongan las medidas correctivas o de mitigación que eliminen estos impactos y los reduzcan a un nivel, ambientalmente aceptable.
3. Facilitar la elección de la mejor opción ambiental de la acción propuesta.
4. Establecer un programa de control y seguimiento que permita medir las posibles desviaciones entre la situación real al poner en marcha el proyecto, de tal forma que se puedan incorporar nuevas medidas correctivas o de mitigación.
5. Elaborar un programa de recuperación ambiental.

Debido al carácter sistemático de la evaluación de impacto ambiental, el análisis debe ser realizado por un equipo interdisciplinario, pudiendo hacer uso de cualquier método, que cumpla con los requisitos anteriormente señalados. Dentro de los métodos más comunes se incluyen listados, matrices, mapas y otros.

9.1.1 Metas y objetivos de la evaluación de impacto ambiental

9.1.1.1 Metas

- Contribuir al uso racional e integrado de los recursos naturales.
- Procurar mejorar la calidad e vida de las poblaciones en el área de influencia de la actividad.
- Reducir los efectos negativos y aumentar los beneficios que la actividad genera en el medio social y natural.
- Contribuir con el mejoramiento del diseño y funcionalidad de la actividad y la reducción de sus costos globales.
- Reducir, al mínimo, los conflictos étnicos y sociales.
- Cuidar del patrimonio cultural e histórico.

9.1.1.2 Objetivos

- Revisar en forma oportuna las implicaciones de la actividad humana sobre el medio social y económico cultural.
- Revisar las implicaciones que la acción planificada pueda tener sobre los componentes y sistemas ambientales.
- Incluir la gestión ambiental en los proyectos y/o actividad económica.
- Permitir la integración del proyecto con los planes y programas de desarrollo.
- Revisar las posibles ventajas y limitaciones que ofrecer para la acción propuesta.
- Garantizar la oportuna y adecuada participación de los diferentes grupos sociales.
- Contribuir con el mejoramiento del conocimiento de las diferentes regiones de un país, en sus aspectos: ecológico, cultural y étnico.
- Proveer el marco adecuado para la realización de los estudios ambientales y culturales, respecto de los siguientes temas: caracterización y diagnóstico del

sistema ambiental; análisis de opciones del proyecto; identificación y evaluación de impactos a corto, mediano y largo plazo; adecuación, priorización y selección de la opción óptima; diseño del proyecto acorde con las potencialidades y restricciones de medio natural y social; control del montaje y operación de la obra o proyecto, mediante la vigilancia y el monitoreo ambiental.

- Asegurarse que los costos asociados a la gestión ambiental formen parte del presupuesto de la inversión del proyecto.
- Promover la capacitación ambiental del recurso humano.

9.1.2 Efectos de la evaluación de impacto ambiental en los proyectos

Algunas veces la evaluación de impacto ambiental resulta ser simplemente ejercicios para cumplir con requisitos legales, sin embargo en otros casos la evaluación de impacto ambiental ha influido significativamente en los proyectos. La influencia positiva en los proyectos se ve reflejada cuando esta evaluación es conducida adecuadamente y dicho estudio incluye:

- Legitimización de los proyectos ambientalmente responsables.
- Legitimización de los proyectos que no son ambientalmente responsables.
- Mejor selección del sitio del proyecto.
- Reformulación de planes, diseño del proyecto.
- Redefinición de metas y responsabilidades de los proponentes del proyecto.

En el desarrollo de la evaluación de impacto ambiental, es común usar la palabra “mitigación” cuando se describe uno o más de los siguientes aspectos:

- Desechar elementos del proyecto dañinos al ambiente.
- Reducir los efectos adversos a través de un trabajo de rediseño del proyecto.
- Reparar, rehabilitar o restaurar aquellas partes del ambiente que serán afectadas adversamente, por el proyecto.
- Crear ambientes similares a aquellos afectados, adversamente, por la acción.

El resultado de una evaluación de impacto ambiental es el conjunto de sugerencias para las medidas de mitigación, no el cambio de decisiones fundamentales relativas a los tipos de acciones posiblemente consideradas, el tamaño y ubicación de un proyecto propuesto.

La evaluación de impacto ambiental es un requisito indispensable para empresas como en las que esta instalada la caldera Cleaver Brooks CB-LE de 600 BHP, ya que es una empresa que esta catalogada como industria que se dedica de la elaboración de productos alimenticios diversos. La base legal de la evaluación de impacto ambiental es la siguiente:

- Constitución Política de la República de Guatemala. Artículos: 2, 3, 64, 96, 97, 118, 119, 121, 125, 126, 127 y 128 respectivamente.
- Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente. Decreto No. 68 – 86 del Congreso de la República y sus reformas. Artículos 8, 9,12 incisos a), b), 16 incisos a), b) y c), 22, 23 incisos a) y d), 25 incisos d), m), n), ñ), q) y 27 respectivamente.
- Ley de Áreas Protegidas. Decreto No. 4 – 89 del Congreso de la República y sus reformas, Decreto No. 110 – 96 del Congreso de la República. Artículos 20 y 21.
- Ley de Minería. Decreto No. 48 -97 del Congreso de la República. Artículo 20.
- Reglamento Sobre Estudios de Evaluación de Impacto Ambiental Vigente, según resolución administrativa del Coordinador Nacional del Medio Ambiente CONAMA, julio de 1998.

9.2 Producción más limpia

Debido a que la reducción de la contaminación por emisión de gases es algo importante para el medio ambiente, las industrias hoy en día tratan de producir mediante el concepto de “Producción Más Limpia”. “Producción Más Limpia” significa la

aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integral a los procesos, productos y servicios para aumentar la eficiencia en general. Esto conlleva a un desempeño ambiental mejorado, ahorro en costos, y la reducción de riesgos al ser humano y al ambiente. En los procesos productivos, la “Producción Más Limpia” implica la conservación de materias primas y energía, la eliminación de materiales tóxicos, y reducción de la cantidad y toxicidad de todas las emisiones y desperdicios antes que éstos abandonen el proceso.

El centro guatemalteco de producción más limpia (CGP+L) es una institución técnica cuya misión es desarrollar y facilitar servicios, a la vez que fortalecer la capacidad local en la aplicación de Producción más Limpia para hacer las empresas nacionales más eficientes, competitivas y compatibles con el Medio Ambiente. Cuenta con el apoyo de instituciones nacionales tales como Cámara de Industria de Guatemala (CIG), Universidad del Valle de Guatemala (UVG), Asociación de Azucareros de Guatemala (ASAZGUA); y de organizaciones internacionales como la Organización de Naciones Unidas del Desarrollo Industrial (ONUDI), el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Agencia de Cooperación Económica de Suiza. De igual forma se cuenta con la cooperación técnica del Instituto de Tecnología Ambiental de la Universidad de Ciencias Aplicadas de Basilea, Suiza.

Unión de servicios industriales (USI) es una de las empresas guatemaltecas comprometidas con el medio ambiente y el desarrollo sostenible, trata de la mejor manera de cumplir algunas normativas emitidas por el centro guatemalteco de producción mas limpia para ayudar a otras empresas a producir contaminando menos.

9.3 Impacto de emisiones gaseosas

Los óxidos de azufre originan efectos directos e indirectos sobre la salud humana, las plantas, el clima y los materiales, por su concentración en la atmósfera y por su deposición seca y/o húmeda. El dióxido de azufre es sumamente soluble en agua y reacciona para formar ácido sulfúrico (un 30 % del SO_2 en la atmósfera se convierte en aerosol ácido), siendo muy probable que cuando se inhala se absorba en los conductos húmedos del sistema respiratorio superior, la nariz y las vías respiratorias superiores, donde puede dañar el tejido pulmonar. El aerosol de ácido sulfúrico en concentraciones elevadas se asocia con el asma bronquial y con índices de mortalidad mayores de lo esperado.

Los óxidos de nitrógeno (NO_x) son compuestos químicos, en su mayor parte derivados de procesos de combustión, producto del nitrógeno contenido en el aire que se requiere para la combustión. Existen también fuentes naturales, principalmente por la actividad bacteriana en el suelo. Los NO_x , aunque no se consideran estrictamente como gases de efecto invernadero, son importantes químicamente por su habilidad para afectar las concentraciones atmosféricas de los mismos, particularmente al ozono troposférico. Los NO_x provocan irritación de los pulmones y menor resistencia a las infecciones respiratorias (ejemplo, gripe), aunque no se conocen bien todavía los efectos de estar expuesto a ellos durante un corto plazo.

La oxidación en fase heterogénea (gas - partícula) u homogénea (gas o acuosa) de los óxidos de azufre y de nitrógeno producen contaminantes inorgánicos secundarios, tales como aerosoles de sulfatos y ácidos sulfúrico, nítrico y nitroso, que conducen a la acidificación del suelo y el agua. Las partículas suspendidas que se originan, producto de la combustión incompleta del carbono (hollín), agravan las enfermedades respiratorias y cardiovasculares ya existentes, alteran los sistemas orgánicos de defensa, dañan el tejido pulmonar y pueden provocar cáncer y muerte prematura.

Actualmente en el país no está normado el control de emisión de gases generados por calderas de tubos de fuego, sin embargo hay países en la región como Costa Rica que han adoptado normas europeas para el control de dichos gases. La importancia de este control es el de operar una caldera cumpliendo con los requisitos de cada planta pero contaminar lo menos posible. A continuación se muestran algunos datos que indican algunos límites que no se deben exceder de contaminantes emitidos por chimeneas de calderas, hornos, incineradores y equipos de generación eléctrica (dicha información fue obtenida de: Pollution Prevention and Abatement Handbook, World Bank Group, 1997).

- SO₂: no exceder de 2000 mg/m³
- NO_x: no exceder de 460 mg/m³

Para establecer si una caldera supera los límites anteriores es necesario llevar a cabo un programa de aforo y muestreo de los gases de chimenea que son expulsados, dichas lecturas se realizarán con un equipo analizador de combustión.

10. SEGUIMIENTO

10.1. Revisión de las guías para rutinas de mantenimiento preventivo para la caldera *Cleaver Brooks* CB-LE de 600 BHP

El departamento de mantenimiento planificará anualmente un proceso de capacitación que permita instruir al personal de todo lo concerniente a su labor desempeñada dentro de la fábrica al igual que dará a conocer ciertas normas para que el trabajador realice sus actividades de forma eficiente, todo esto en aras de aumentar la productividad del personal mediante el desarrollo de sus habilidades y destrezas, creando así un valor agregado al personal de la fábrica.

La ignorancia es muchas veces la causante de accidentes, ya que los operarios por desconocer algo que en realidad es sencillo realizan procedimientos inadecuados que ponen en riesgo la salud del operador, la salud de sus compañeros de trabajo y la conservación del equipo. El encargado de mantenimiento, deberá mostrar el medio ambiente laboral al trabajador, de igual forma deberá darle un mínimo de adiestramiento de la labor asignada, tendiente siempre a crear en el trabajador una conciencia prevencionista en pro de buscar el más alto rendimiento del trabajador. Así mismo creará los cursos de adiestramiento que considere necesarios, para desarrollar lo conocimientos, habilidades y destrezas del trabajador. Es indispensable que se determine las áreas débiles del personal y crear la capacitación necesaria para fortalecer dichas áreas.

El trabajador debe ser concientizado a mantener en buenas condiciones el equipo, herramienta, maquinaria, esto permitirá mayor responsabilidad del trabajador y prevención de accidentes. La evaluación del mantenimiento debe entenderse como un proceso continuo, el cual comienza brindando al trabajador la capacitación necesaria.

Según lo observado en algunas visitas efectuadas a la fábrica, los empleados cuando toman lecturas de los equipos o máquinas no diferencian si la variable de interés es presión o temperatura, únicamente se limitan a controlar que la lectura del termómetro o manómetro se encuentre en cierto rango, sin saber lo que realmente están midiendo. Por lo mencionado con anterioridad de importancia será incluir en la capacitación un curso básico de instrumentación.

Como se ha mencionado con anterioridad la capacitación al personal es indispensable para la conservación de las instalaciones, sin embargo, es necesario que las actividades de mantenimiento preventivo estén en constante evaluación, cada actividad debe ser cuestionada a fin de establecer si la recurrencia de la misma (diaria, mensual o trimestral) es la correcta o se debe realizar algún ajuste, o en dado caso sea indispensable agregar alguna actividad a la cual no se le ha prestado la atención debida.

El mantenimiento a los distintos componentes de la caldera se realizan de acuerdo a las actividades de mantenimiento preventivo descritas en el capítulo 6, sin embargo el encargado de mantenimiento debe ser el encargado de vigilar de cerca que los mantenimientos se realicen de acuerdo con los puntos a supervisar diariamente, el mantenimiento preventivo mensual y trimestral. Para ello, es de importancia que cuando se termine de realizar un mantenimiento se efectúe una supervisión sobre dicho trabajo, la cual será una visita a la caldera con el fin de verificar que el mantenimiento se realizó de forma adecuada y/o si el técnico encontró alguna falla o indicio de esta.

El mantenimiento a la caldera lo brinda la empresa Unión de Servicios Industriales (USI, por sus siglas), el técnico al terminar de realizar el mantenimiento debido entrega un reporte al encargado de la caldera. En dicho reporte se indica los diferentes trabajos efectuados, algunas observaciones e irregularidades (en caso que se presenten) a las cuales se deben dar seguimiento; este reporte se archiva como precedente de los trabajos efectuados por el técnico.

Llevar un historial sobre las actividades de mantenimiento que se van realizando durante cierto tiempo es muy útil, porque queda plasmada información importante que ayuda a la evaluación del mantenimiento mediante la toma de decisiones sobre las actividades del mismo, tales como: programar un paro de la caldera, pedir algún repuesto que no este en stock, determinar la recurrencia de alguna falla en particular.

La información que se puede analizar en un historial de mantenimiento o bitácora, permite contabilizar las fallas más frecuentes y analizar por qué se producen, analizar cada cuánto tiempo se repiten, quienes son los técnicos que reparan determinada máquina, entre otras cosas, todo esto está plasmado en una hoja de historial del mantenimiento y permite tomar decisiones que mejoren la eficiencia del mantenimiento que se realiza. A diario el encargado de la caldera lleva el control de la bitácora diaria (la bitácora diaria se explicará en el próximo inciso), dicha bitácora al final del día se archiva en la oficina del encargado del mantenimiento, para verificar algún incidente o falla acontecida en días pasados es necesario ir a la oficina del encargado del mantenimiento y consultar el archivo donde están guardadas las bitácoras diarias. Este proceso implica que el encargado de la caldera pierde tiempo en buscar a la persona que le proporcione la información requerida y la misma no se tiene a la mano, la figura 18 muestra la propuesta de un formato para llevar el registro de un historial de mantenimiento. En el historial de mantenimiento se registra información sobre el equipo, en este caso la caldera, se debe anotar la parte del equipo en la cual se detectó el problema, la falla presentada y la fecha en que ocurrió, así mismo, se indicará el trabajo realizado y si por alguna razón se quedó pendiente algún trabajo, a su vez el técnico o persona que atendió dicho problema anotará su nombre y firmará. Este historial debe estar en la sala de calderas y accesible al encargado de la caldera, de manera que tenga información que le sea útil en el momento preciso. El historial de mantenimiento es un complemento de la bitácora diaria, no es sustituto de la misma.

10.2. Inspecciones de rutina del funcionamiento de la caldera Cleaver Brooks CB-LE de 600 BHP

El objetivo de esta parte es revisar en forma detallada las técnicas comúnmente usadas en el monitoreo, de manera que sirvan de guía. La finalidad del monitoreo es obtener una indicación de la condición o estado de salud de la máquina, de manera que pueda ser operada con seguridad y economía.

Las siguientes son las frecuencias de los monitoreos o inspecciones que se utilizarán:

- **Inspecciones Periódicas:** Son las que se programan a intervalos regulares. Pueden realizarse Semestral – mensual u otro intervalo adecuado.
- **Inspecciones Programadas:** La inspección más corriente es la que se hace a intervalos irregulares. Estas inspecciones efectuadas por el jefe de mantenimiento tienden a mantener al personal atento a descubrir e informar las condiciones de la maquinaria.
- **Inspecciones No Programadas:** El jefe de mantenimiento deberá asegurarse continuamente de que las herramientas, maquinarias, y equipos se encuentren en buenas condiciones y que el uso de los mismos no implique ningún peligro.
- **Inspecciones Especiales:** Estas son necesarias a veces como resultado de la instalación de nuevos elementos, la construcción, remodelación de nuevos edificios o de reparaciones solicitadas en una inspección anterior.

Diariamente el encargado de la caldera debe supervisar ciertos puntos básicos, con el fin de llevar un control de los mismos y de esta manera saber si los elementos están operando correctamente. En la figura 19 se presenta el formato de la bitácora diaria, en la misma se lleva el control de las presiones de: bomba de petróleo, petróleo al

quemador, agua de alimentación, aire, gas propano; control de las temperaturas: tanque diario de petróleo, petróleo al quemador, tanque de condensado, gases de chimenea; y el control de purgas.

El encargado de la caldera también llevará el control del consumo de combustible, el formato para este control se aprecia en la figura 20. En este formato se llevará el control mensual del consumo de aceite pesado no. 6, se deberá indicar a que tanque se realiza la medición (anteriormente se mencionó que se encuentran instalados 2 tanques con capacidad de 13400 galones cada uno), las pulgadas de petróleo que contienen el tanque, la cantidad de galones dependerá de la tabla que proporciona el fabricante del tanque de acuerdo a la lectura en pulgadas de combustible. Regularmente las lecturas para establecer el consumo de combustible se realizaran por la mañana.

CONCLUSIONES

1. Los conceptos fundamentales sobre calderas es una parte importante en el extenso tema sobre generación de vapor, ya que sienta las bases del conocimiento para que el aprendizaje se realice sobre sólidos conceptos bien definidos.
2. La distribución de los equipos auxiliares y la caldera misma definirán la operación más eficiente de los mismos, para ello la instalación de dichos equipos debe realizarse con base en las especificaciones técnicas proporcionadas por el fabricante.
3. La caldera *Cleaver Brooks* de 600 BHP, suministra el vapor necesario que demanda el proceso de fabricación de sopas instantáneas ya que los equipos que requieren vapor funcionan adecuadamente, la planta ha operado por más de dos años con esta caldera y hasta la fecha no se ha presentado problema alguno relacionado a la insuficiencia en la producción y generación de vapor.
4. La cimentación sobre la cual se realiza el montaje de la caldera debe ser la adecuada para soportar las cargas debidas al peso de la caldera, peso del agua de alimentación previamente tratada contenida en el recipiente de presión y amortigua las vibraciones ocasionadas por la operación de la misma, dicha cimentación se diseña tomando en cuenta una estructura de concreto armado.
5. El agua como se encuentra en la naturaleza no es apropiada si se emplea como agua de alimentación para calderas; para ser utilizada en estos equipos previamente debe ser tratada. Con un tratamiento adecuado, se evita los

depósitos de lodos e incrustación y la corrosión de las superficies internas de la caldera, con esto se logra la prolongación de la vida útil de la caldera y sus equipos.

6. La fábrica de sopas instantáneas subcontrata el servicio de mantenimiento para la caldera *Cleaver Brooks* de 600 BHP, dicho servicio lo brinda la empresa Unión de Servicios Industriales (USI por sus siglas). Los técnicos de la empresa USI realizan el servicio respectivo para el cual fueron contratados con base en un programa de mantenimiento desarrollado por el Gerente General de USI.
7. El ingeniero (de la fábrica de sopas instantáneas) quien se encarga de velar por el cumplimiento del servicio de mantenimiento a la caldera, archiva las bitácoras diarias que son proporcionadas por el encargado de la caldera, así mismo, guarda los reportes por servicios de mantenimiento que entrega la empresa USI. Sin embargo, no existe una planificación anual en donde se contemple la programación del mantenimiento a la caldera, ni se tiene a la mano las rutinas específicas para el mantenimiento mensual y general. Por lo anterior, es necesario evaluar el programa de mantenimiento actual con el fin de establecer un mejor control en las actividades de mantenimiento para la caldera.
8. El conocimiento sobre el funcionamiento de la caldera y sus equipos, le facilita al operador diagnosticar las averías o fallas que se puedan presentar, un operador diestro evitará paralizaciones o demoras costosas verificando la operación real contra la secuencia normal y de esta manera determinar dónde el rendimiento se desvía de lo normal. Se presenta una guía que enumeran posibles causas, sugerencias o indicios para simplificar la localización del origen del problema.
9. La prevención de accidentes es un tema de importancia para cualquier empresa, en especial en aquellas como la fábrica de sopas instantáneas que cuentan con

equipo y maquinaria que deben ser operadas con precaución y responsabilidad. El área de seguridad e higiene industrial debe ser reforzada, ya que actualmente no se le brinda la atención necesaria. Por ejemplo, se suministra equipo de protección de seguridad al trabajador, que debido a las actividades que desempeña necesita hacer uso del mismo; sin embargo, dicho equipo muchas veces no es utilizado por el personal que lo necesita y debido a la falta de supervisión en esta área, el trabajador se expone a sufrir algún accidente producto de un acto inseguro.

10. El personal operativo carece de conocimientos básicos necesarios para las diferentes actividades que realizan a diario, en varias ocasiones por desconocer algo que en realidad es sencillo, realizan procedimientos inadecuados que ponen en riesgo la salud del operador, la salud de sus compañeros de trabajo y la conservación del equipo.

RECOMENDACIONES

1. Instalar instrumentos de medición y/o lectura en los equipos que utilicen vapor y carezcan de los mismos. De utilidad sería instalar manómetros en la entrada a dichos equipos, con esto se tendrá control en la variable “presión”, y además por medio de la medición de esta variable se podría establecer el consumo de vapor para estos equipos.
2. Efectuar chequeos periódicos en la sala de calderas, supervisando los procedimientos de los operadores, de manera que cumplan con las normas de operación y seguridad establecidas, con el objetivo de reducir los actos inseguros y de esta forma eliminar el riesgo de accidentes.
3. Diseñar rutas de evacuación e implementar señalización correspondiente en la sala de calderas.
4. Planificar anualmente capacitaciones al personal enfocadas al desarrollo laboral y personal del trabajador.
5. Promover a todo nivel en corto plazo, capacitaciones enfocadas a seguridad e higiene industrial y concienciar al personal sobre estos temas, ya que los mismos son el método idóneo para prevenir los accidentes y debe ser uno de los objetivos diarios.
6. Proveer a la persona encargada de la caldera, un manual de operación, el cual indique la descripción de la caldera e incluya procedimientos básicos, tales como: inspección antes de poner en servicio la caldera, procedimientos

preliminares al arranque, procedimiento de arranque, inspecciones periódicas en operación y diagnóstico de fallas.

7. Es necesario que las actividades de mantenimiento preventivo estén en constante evaluación, cada actividad debe ser cuestionada a fin de establecer si la recurrencia de la misma (diaria, mensual o trimestral) es la correcta, o se debe realizar algún ajuste, o en dado caso sea indispensable agregar alguna actividad a la cual no se le ha prestado la atención debida. En el apéndice se describen algunas actividades de mantenimiento que no están contempladas en el mantenimiento que actualmente se brinda.
8. Evaluar el formato para la bitácora diaria que se muestra en el apéndice dos página 157; en comparación con la actual, este formato presenta las dimensionales de las variables presión y temperatura, actualmente el encargado de la caldera tiene que colocar a mano las dimensionales de dichas variables. Asimismo, en la figura 20 página 146, se muestra el formato para control de combustible, en la bitácora actual está incluido dicho control, sin embargo, el formato para control de combustible propuesto reúne la información de todo el mes en vez de anotarlo diariamente en la bitácora.
9. Implementar círculos de calidad con el personal de la fábrica, ya que es una herramienta muy efectiva para la mejora de procesos y resolución de problemas.

BIBLIOGRAFÍA

1. **AHORRO de energía en sistemas de vapor.** Guatemala: Impresos Industriales, 1993. 223 pp.
2. ARRIAGA Zamora, Gonzalo. Consideraciones para el diseño y análisis estructural de ductos de aire y gas para plantas generadoras y calderas industriales. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2000. 92 pp.
3. COLMENARES de Guzmán, María. **Mantenimiento preventivo y correctivo de las calderas.** Guatemala: s.e., 2000. 142 pp.
4. ELONKA, Stephen y Joseph Robinson. **Operación de plantas industriales: preguntas y respuestas.** Volumen I. México: Mcgraw – Hill, 1989. 384 pp.
5. ELONKA, Stephen y Joseph Robinson. **Operación de plantas industriales: preguntas y respuestas.** Volumen II. México: Mcgraw – Hill, 1989. 291 pp.
6. ESQUIVEL López, Carlos Roberto. Instalación y puesta en operación de una caldera y su equipo de tratamiento de agua de alimentación, para la generación y suministro de vapor a la planta piloto de extracción del Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. Tesis Ing. Mecánico. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2000, 91 pp.
7. HACKETT & Robbins. **Manual de seguridad y primeros auxilios.** México: Alfaomega. 1992.

8. **MANUAL de operación, servicio y repuestos para calderas unitarias modelo CB, Cleaver Brooks de 125 a 350 Hp.** Estados Unidos: s.e., 1992.
9. **MANUAL de operación y mantenimiento.** Calderas fabricadas por COMESA S.A. Colombia, 2001
10. **MANUAL para el cuidado de las calderas Cleaver Brooks.** Estados Unidos: s.e. s.a. 19 pp.
11. MAURICE, Webb. **Manual para técnicos en mecánica industrial.** México: Mcgraw – Hill, 1989.
12. **OPERATION, service and parts manual for model CB, CB – LE packaged boiler of 400 through 800 Hp.** United States: s.e., 1996.
13. **REGLAMENTO general sobre higiene y seguridad en el trabajo.** Dirección general de previsión social. Ministerio de Trabajo y Previsión Social. Guatemala.
14. RIVAS Castellanos, Olga y José Guzmán Shaúl. **Apuntes de legislación ambiental e instrumentos técnicos ambientales.** Guatemala: Ediciones Mayté, 2004.

APÉNDICE 1

A continuación se indican algunas actividades relacionadas al mantenimiento, las cuales sería conveniente evaluar y poderlas incluir dentro del plan de mantenimiento actual.

Tabla XIII. Actividades no incluidas en el plan de mantenimiento actual

FRECUENCIA	ACTIVIDAD	RAZON PARA INCLUIR DICHA ACTIVIDAD
1 vez al año	Limpieza del tanque de condensado: desmontar el flotador y limpiar el interior del tanque con agua a presión, al colocar flotador limpiar las caras respectivas.	Con el tiempo tiende a acumularse lodos en el fondo del tanque que podrían tapar la tubería y/o conexiones.
Cada 6 meses	Desmontar los termómetros ubicados en la chimenea y en la entrada al quemador, remover la suciedad del bulbo sensor y colocarlos de nuevo aplicando teflón para evitar fugas.	En el termómetro de la chimenea, el hollín acumulado en el bulbo sensor podría indicar alguna lectura equivocada.
1 vez al año	Verificar que la pintura de la caldera se mantenga en buenas condiciones; si existen daños corregirlos.	Evitar una apariencia poco estética de la caldera, además la pintura protege al metal.

Fuente: Mantenimiento Preventivo y Correctivo de las Calderas. María Colmenares de Guzmán

