



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

**DISEÑO DE UN PLAN DE MEJORA PARA LAS CALDERAS DEL
HOSPITAL GENERAL DE ENFERMEDADES, IGSS ZONA 9, CON
BASE EN EL DIAGNÓSTICO DE SU ESTADO OPERATIVO**

Jorge Eduardo Velásquez López

Asesorado por el Ing. José Estuardo Bautista Velásquez

Guatemala, octubre de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN PLAN DE MEJORA PARA LAS CALDERAS DEL
HOSPITAL GENERAL DE ENFERMEDADES, IGSS ZONA 9, CON
BASE EN EL DIAGNÓSTICO DE SU ESTADO OPERATIVO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JORGE EDUARDO VELÁSQUEZ LÓPEZ

ASESORADO POR EL ING. JOSÉ ESTUARDO BAUTISTA VELÁSQUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García
EXAMINADORA	Inga. María Martha Wolford de Hernández
EXAMINADOR	Ing. Julio Oswaldo Rojas Argueta
EXAMINADORA	Inga. Nora Leonor García Tobar
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE UN PLAN DE MEJORA PARA LAS CALDERAS DEL HOSPITAL GENERAL DE ENFERMEDADES, IGSS ZONA 9, CON BASE EN EL DIAGNÓSTICO DE SU ESTADO OPERATIVO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 27 de noviembre de 2013.

Jorge Eduardo Velásquez López

Guatemala, febrero de 2016

INGENIERO

JUAN JOSÉ PERALTA BARDÓN

DIRECTOR – ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

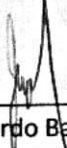
Ing. Peralta:

Por medio de la presente, hago de su conocimiento que yo Ingeniero José Estuardo Bautista Velásquez con No. de colegiado 7824, apoyaré al estudiante Jorge Eduardo Velásquez López que se identifica con carné No. 2009 15059 de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, de la Carrera de Ingeniería Mecánica Industrial, como asesor en su trabajo final de graduación.

Para su conocimiento y sin otro particular, me suscribo de usted,

Atentamente,

F.


Ing. José Estuardo Bautista Velásquez

Colegiado No. 7824

Asesor

José Estuardo Bautista Velásquez
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado No. 7824



REF.REV.EMI.092.016

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DE UN PLAN DE MEJORA PARA LAS CALDERAS DEL HOSPITAL GENERAL DE ENFERMEDADES, IGSS ZONA 9, CON BASE EN EL DIAGNÓSTICO DE SU ESTADO OPERATIVO**, presentado por el estudiante universitario **Jorge Eduardo Velásquez López**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Aldo Estuardo García Morales
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Ing. Aldo Estuardo García Morales
Colegiado No. 2025

Guatemala, junio de 2016.

/mgp



REF.DIR.EMI.168.016

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 **DISEÑO DE UN PLAN DE MEJORA PARA LAS CALDERAS DEL HOSPITAL GENERAL DE ENFERMEDADES, IGSS ZONA 9, CON BASE EN EL DIAGNÓSTICO DE SU ESTADO OPERATIVO**, presentado por el estudiante universitario **Jorge Eduardo Velásquez López**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Juan José Peralta Dardón
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, octubre de 2016.



/mgp

Universidad de San Carlos
De Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.471-2016

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: **DISEÑO DE UN PLAN DE MEJORA PARA LAS CALDERAS DEL HOSPITAL GENERAL DE ENFERMEDADES, IGSS ZONA 9 CON BASE EN EL DIAGNÓSTICO DE SU ESTADO PERATIVO**, presentado por el estudiante universitario: **Jorge Eduardo Velásquez López**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
DECANO



Guatemala, octubre de 2016

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Porque sin su voluntad, nada de esto pasaría, gracias por estar presente en cada etapa de mi vida.
- Mis padres** Rodemí Feliciano Velásquez López y Rosana Floridalma López de Velásquez, por su apoyo incondicional para culminar mi carrera; sin ellos, no sería lo que hoy soy.
- Mis hermanas** Ana Karen, Dulce y Eva Velásquez López, porque junto con mis padres, hemos aprendido mucho de esta vida.
- Mis abuelos** César Raúl López, Rosa Sabina Miranda de López, Delfino Victoriano Velásquez Fuentes (q. e. p. d.) y Eva Ramona López de Velásquez (q. e. p. d.), por sus consejos llenos de gran sabiduría.
- Mis amistades** Por todo lo compartido durante estos años, su presencia y apoyo han sido muy importantes, para aprender y seguir adelante ante las dificultades.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la casa de estudios, que durante este tiempo me formó como un profesional.
Facultad de Ingeniería	Por permitirme que dentro de sus aulas y con el apoyo del personal docente, me formara para desempeñarme como un profesional.
Mis amigos de la Facultad	Porque juntos, estamos logrando nuestras metas, superando las dificultades y disfrutando las alegrías; todo a base de esfuerzo.
Hospital General de Enfermedades, IGSS, zona 9	Por permitirme realizar el trabajo de graduación.
División Mantenimiento	A todo el personal, por su gran apoyo brindado durante el tiempo de la investigación; así como compartir su experiencia y conocimientos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXIII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Generalidades del Hospital General de Enfermedades	
IGSS, zona 09	1
1.1.1. Reseña histórica	1
1.1.2. Funciones.....	3
1.1.3. Misión	3
1.1.4. Visión.....	4
1.1.5. Objetivos estratégicos	4
1.2. División mantenimiento.....	4
1.2.1. Funciones	5
1.2.2. Misión	5
1.2.3. Visión.....	5
1.2.4. Estructura organizacional	6
1.2.5. Unidades de servicio de apoyo que utilizan vapor	
en sus procesos.....	7
1.3. Calderas	7
1.3.1. Funcionamiento de una caldera.....	8
1.3.2. Tipos de calderas	9

	1.3.2.1.	Calderas pirotubulares	10
	1.3.2.2.	Calderas acuotubulares.....	11
1.3.3.		Accesorios y equipo auxiliar asociado a las calderas.....	12
1.3.4.		El quemador y el sistema de control	14
1.3.5.		Cámara de agua.....	16
1.3.6.		Sistema eléctrico de calderas.....	16
1.3.7.		Sistema de alimentación de agua	16
	1.3.7.1.	Sistema de recepción de condensado.....	17
	1.3.7.2.	Sistema de bombeo	18
1.3.8.		Sistema de alimentación de combustible	19
	1.3.8.1.	Línea de combustible	19
	1.3.8.2.	Línea de aire para atomización	21
	1.3.8.3.	Línea de vapor	22
	1.3.8.4.	Aire de combustión.....	22
	1.3.8.5.	Flujo del gas combustible	23
1.4.		Mantenimiento.....	25
	1.4.1.	Objetivos	25
	1.4.2.	Tipos de mantenimiento	25
2.		EVALUACIÓN ACTUAL DE LAS CALDERAS	27
	2.1.	Cuarto de calderas	27
	2.1.1.	Acceso.....	27
	2.1.2.	Cerramientos.....	28
	2.1.3.	Dimensiones.....	28
	2.1.4.	Ventilación.....	29
	2.1.5.	Iluminación	29
	2.1.6.	Seguridad e higiene	30

2.2.	Especificaciones de calderas	31
2.3.	Tiempo de vida	32
2.4.	Observación de la operación	32
2.5.	Eficiencia	35
2.6.	Tuberías	35
2.6.1.	Color	35
2.6.2.	Material	36
2.6.3.	Diámetro	36
2.6.4.	Tuberías de suministro de vapor	37
2.7.	Condiciones actuales de las calderas	38
2.7.1.	Consumo de combustible por hora	38
2.7.2.	Tratamiento de agua.....	41
2.7.3.	Cantidad de vapor generado por hora	43
2.7.4.	Tamaño de la caldera	44
2.7.5.	Tipo de mantenimiento	44
2.7.6.	Controles comunes a toda caldera	50
2.7.7.	Controles de vapor	51
2.7.8.	Controles de agua	52
2.7.9.	Controles del sistema de abastecimiento de gas....	53
2.7.10.	Controles sistema de combustible	54
2.7.11.	Controles del conjunto del quemador	56
2.7.12.	Controles de la leva moduladora del aceite	57
2.7.13.	Puerta trasera	57
2.7.14.	Puerta delantera	59
3.	PROPUESTA DE MEJORA	61
3.1.	Cuarto de calderas	61
3.1.1.	Accesos	61
3.1.2.	Iluminación.....	63

3.1.3.	Tuberías	63
3.1.4.	Seguridad e higiene	64
3.1.4.1.	Limpieza general	65
3.1.4.2.	Señalización	65
3.1.4.3.	Equipo de seguridad	66
3.2.	Consumo de combustible	67
3.2.1.	Causas del consumo alto de combustible	67
3.2.2.	Pasos para el inicio correcto de la combustión	67
3.3.	Mantenimiento	68
3.3.1.	Rutinas de mantenimiento	68
3.4.	Controles comunes	69
3.5.	Controles de vapor	69
3.5.1.	Controles de presión de vapor	69
3.5.2.	Chimenea	70
3.5.3.	Maniful de vapor	71
3.6.	Sistema de alimentación de agua	72
3.6.1.	Tanque de condensado	73
3.6.2.	Bomba de alimentación de agua	75
3.6.3.	Cámara de agua	76
3.6.4.	Controles	77
3.7.	Conjunto del quemador	79
3.7.1.	Boquillas	79
3.7.2.	Electrodos de ignición y aislantes	80
3.7.3.	Combustión	81
3.7.4.	Fotocelda	82
3.7.5.	Controles	83
3.7.6.	Cámara de combustión	84
3.7.7.	Controles de la leva moduladora de aceite	84
3.8.	Cuerpo de la caldera	85

3.8.1.	Reparación de fugas en tubos	85
3.8.2.	Empaques.....	85
3.8.3.	Pernos y tuercas.....	86
3.8.4.	Puerta trasera.....	86
3.8.5.	Puerta delantera	87
3.9.	Ventilador	88
3.9.1.	Lubricación del motor ventilador	89
3.9.2.	Cojinetes.....	90
3.9.3.	Bomba de aire	90
3.9.4.	Filtro de aire.....	91
3.10.	Sistema de combustible.....	91
3.10.1.	Tanques de combustible.....	91
3.10.2.	Bombas de alimentación de combustible	92
3.10.3.	Lubricación motor ventilador.....	92
3.10.4.	Fajas de transmisión.....	93
3.10.5.	Temperatura de cojinetes	93
3.10.6.	Válvulas solenoides	94
3.10.7.	Controles sistema alimentación bunker	94
3.10.8.	Controles sistema alimentación gas	95
3.11.	Sistema eléctrico	95
3.11.1.	Limpieza del control programador	95
3.11.2.	Instalación eléctrica	97
4.	CAPACITACIÓN AL PERSONAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL.....	99
4.1.	Concepto de caldera	99
4.2.	Función de una caldera en un hospital.....	100
4.3.	Funcionamiento de la caldera.....	100
4.3.1.	Pasos para encender la caldera	100
4.4.	Partes de una caldera.....	101

4.5.	Operación eficiente de una caldera.....	101
4.5.1.	Eficiencia de una caldera	101
4.5.2.	Parámetros que afectan la eficiencia de una caldera.....	102
4.6.	Tratamiento de agua para calderas.....	105
4.7.	Purgas.....	108
4.8.	Control diario de calderas	109
4.9.	Sistema de alimentación de agua	110
4.9.1.	Sistema de recepción de condensado	110
4.9.2.	Sistema de bombeo	111
4.10.	Sistema de alimentación de combustible	112
4.10.1.	Tanques de combustible	112
4.11.	Seguridad Industrial en el área de calderas	113
4.11.1.	Conceptos	113
4.11.2.	Señalización.....	114
4.11.2.1.	Interpretación de señalización.....	114
4.11.3.	Condiciones seguras e inseguras	115
4.11.4.	Equipo de seguridad	116
4.12.	Tipos de mantenimiento	116
5.	GUÍA PARA RUTINAS DE MANTENIMIENTO EN CALDERAS.....	117
5.1.	Semanales	117
5.2.	Mensuales.....	118
5.3.	Trimestrales	119
5.4.	Semestrales	119
5.5.	Anuales	120
	CONCLUSIONES.....	123
	RECOMENDACIONES	125

BIBLIOGRAFÍA.....	127
APÉNDICES	129
ANEXOS.....	131

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Logo Instituto Guatemalteco de Seguridad Social	1
2.	Organigrama de la división de mantenimiento	6
3.	Calderas, Hospital General de Enfermedades IGSS, zona 9.....	8
4.	Caldera pirotubular.....	11
5.	Esquema caldera acuotubular.....	12
6.	Partes caldera pirotubular	13
7.	Accesorios caldera pirotubular	13
8.	Quemador caldera número dos.....	15
9.	Tanque de condensado caldera número 1	17
10.	Bomba de agua número uno.....	18
11.	Bombas de combustible	19
12.	Control mecánico de combustible pesado.....	20
13.	Diagrama de flujo de aire secundario.....	23
14.	Transformador de ignición.....	24
15.	Iluminación cuarto de calderas.....	30
16.	Extintor en cuarto de calderas.....	31
17.	Tubería dentro del cuarto de calderas.....	36
18.	Tubería de vapor en cuarto de calderas.....	37
19.	Varilla para medición del nivel del tanque de bunker	40
20.	Esquema de control diario de calderas	46
21.	Mantenimiento preventivo del quemador	47
22.	Distancias en cuartos de calderas, según norma UNE 100.020/89	62
23.	Colores para señalización de tuberías	64

24.	Chimenea caldera 1	71
25.	Manifol de distribución de vapor	72
26.	Bomba de alimentación de agua de la caldera 2	76
27.	Control nivel de agua, caldera 1	78
28.	Transformado de ignición, caldera 2.....	81
29.	Quemador en funcionamiento, caldera 2	83
30.	Puerta trasera, caldera 1	87
31.	Puerta delantera, caldera 1.....	88
32.	Ventilador caldera 1	89
33.	Control programador, caldera 1	96
34.	Disminución de eficiencia por exceso de aire en combustión	103
35.	Disminución de eficiencia por temperatura de gases de combustión .	103
36.	Disminución de eficiencia por espesor de incrustaciones	104
37.	Disminución de eficiencia por espesor de capa de hollín	104
38.	Equipo para medición de propiedades del agua	106
39.	Anti-incrustante para calderas BCT-240	107
40.	Mecanismo purga de fondo, caldera 2.....	109
41.	Significado de colores.....	115
42.	Condición insegura	116

TABLAS

I.	Especificaciones caldera número 1	31
II.	Especificaciones caldera número 2	32
III.	Datos de operación caldera número 1	34
IV.	Datos de operación caldera número 2	34
V.	Requerimientos agua alimentación calderas	43
VI.	Capacidad de generación	43
VII.	Controles comunes, caldera 1	50

VIII.	Controles comunes, caldera 2.....	51
IX.	Controles de vapor, caldera 1	52
X.	Controles de vapor, caldera 2	52
XI.	Controles de agua, caldera 1	53
XII.	Controles de agua, caldera 2	53
XIII.	Controles del sistema de abastecimiento de gas, caldera 1	54
XIV.	Controles del sistema de abastecimiento de gas, caldera 2	54
XV.	Controles sistema de combustible, caldera 1	55
XVI.	Controles sistema de combustible, caldera 2.....	55
XVII.	Controles del conjunto del quemador, caldera 1	56
XVIII.	Controles del conjunto del quemador, caldera 2	56
XIX.	Controles de la leva moduladora del aceite, caldera 1	57
XX.	Controles de la leva moduladora del aceite, caldera 2.....	57
XXI.	Puerta trasera, caldera 1	58
XXII.	Puerta trasera, caldera 2.....	58
XXIII.	Puerta delantera caldera 1	59
XXIV.	Puerta delantera caldera 2	59
XXV.	Plan de mantenimiento semanal	117
XXVI.	Plan de mantenimiento mensual	118
XXVII.	Plan de mantenimiento trimestral.....	119
XXVIII.	Plan de mantenimiento semestral	120
XXIX.	Plan de mantenimiento anual.....	121

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm²	Centímetro cuadrado
CB	Cleaver Brooks
°C	Grados centígrados
°F	Grados Fahrenheit
gal	Galón
Hz	Hertz
HP	<i>Horsepower</i>
Kg	Kilogramo
kW	Kilowatt
PSI	Libra por pulgada cuadrada
lm	Lumen
lx	Lux
m	Metro
m³	Metro cúbico
ppm	Partes por millón
PVC	Policloruro de vinilo
rpm	Revoluciones por minuto
ssu	Saybolt Universales
V	Voltio

GLOSARIO

Acuotubular	Tipo de caldera, que tiene como principio de funcionamiento dejar que el agua circule a través de los pasos de la caldera y a través de una transferencia de calor, llevar a cabo el proceso de evaporización de la misma a altas presiones.
Aislante	Es un material que evita las pérdidas de calor, ya que separa el interior de la caldera del exterior de la misma, sellándola por completo.
Bunker	Combustible residual que se obtiene de la destilación y refinación de los hidrocarburos, generalmente, por la condición de residuo, tiene un precio bajo, es por ello, que se prioriza su uso en aplicaciones donde el consumo de energía es importante.
Caldera	Equipo generador de vapor, que consiste en un recipiente lleno de agua y que está sometido a altas presiones y temperaturas, en el cual se encuentran una serie de elementos que permiten mantener controlada toda la generación del vapor, así como la distribución.

Combustión	Reacción química, caracterizada por ser instantánea y principalmente, por su desprendimiento de luz y calor.
Corrosión	Es un desgaste producido por las partes metálicas del interior de la caldera que tienen contacto directo con el agua.
Evaporización	Es un proceso de calentamiento que hace que el agua cambie de estado líquido a estado gaseoso.
Filtro	Accesorio en el que pasa el fluido, con el objetivo de limpiar las impurezas y separar sustancias determinadas.
Fotocelda	Es un sensor de luz, que se utiliza para detectar la presencia de la llama, provocando que se apague la caldera si no existiese.
Golpe de ariete	Es un golpe que hace el vapor condensado a las tuberías a altas presiones, lo que puede provocar inmediatamente, grietas en la tubería.
Incrustación	Es una capa de materiales diferentes del agua, que se adhieren a la superficie de la cámara de agua, tuberías, válvulas, entre otros; que generan el deterioro de la maquinaria, formando óxidos o ácidos que deterioran la superficie en donde se alojan.

Pirotubular	Tipo de caldera, la cual tiene atravesados varios tubos en su interior, donde circula el gas de la combustión, alrededor de los tubos se encuentra el agua, que por transferencia de calor, se logra la evaporización.
Presión	Es una magnitud física que mide la fuerza por unidad de área, y sirve para caracterizar cómo se aplica una determinada fuerza resultante sobre una superficie.
Purga	Eliminación de una parte del agua de la caldera, con el propósito de reducir la concentración de sólidos, o para descargar el sedimento.
Quemador	Parte de la caldera, donde se lleva a cabo la combustión.
Válvula	Es un accesorio de las tuberías, que evita o permite el paso de cualquier fluido, con el objetivo de regular las propiedades del mismo.
Vapor	Es un estado de la materia en el que las moléculas apenas interaccionan entre sí, adoptando la forma y el volumen del recipiente que lo contiene y tendiendo a expandirse todo lo posible.

RESUMEN

El vapor generado por las calderas del Hospital General de Enfermedades, IGSS, zona 9, es factor clave para que se brinde un buen servicio por el hospital, ya que es utilizado en varias áreas del hospital. El vapor es generado por dos calderas pirotubulares durante todo el año, por lo que se estudian y se presenta la propuesta de mejoras para dichas calderas.

Durante el primer capítulo, se da a conocer la historia y administración del hospital, así como de la División de Mantenimiento; entre las responsabilidades y tareas de la división, es velar por la operación y mantenimiento de las calderas. En el segundo capítulo, se presenta el diagnóstico con el que se encuentran operando las calderas, donde a partir del mismo, se iniciará a trabajar la propuesta de mejora.

Teniendo el punto de partida, se procede a desarrollar la propuesta de mejora; haciendo enfoques en el cuarto de calderas, la forma operación y el estado propio de las calderas, iniciando por los puntos críticos encontrados durante el diagnóstico.

Durante el cuarto capítulo, se desarrollan temas necesarios para el encargado, operario y todo aquel que tenga interacción con las calderas, tomando en cuenta la seguridad industrial que debe tenerse. Finalmente, como parte de la mejora continua, durante el último capítulo, se presenta el plan de mantenimiento preventivo de las calderas.

OBJETIVOS

General

Determinar el estado operativo de las calderas del Hospital General de Enfermedades, IGSS, zona 9, con base a un diagnóstico y diseñar un plan de mejora.

Específicos

1. Realizar un diagnóstico de la situación actual de la operación y funcionamiento de las calderas; determinando los factores que puedan afectar la eficiencia de las mismas.
2. Determinar el grado de eficiencia de las calderas y analizar a qué grado de eficiencia se puede llegar luego de haberse llevado a cabo, el plan de mejora propuesto.
3. Diseñar el plan de mejora, que garantice el buen funcionamiento de las calderas y la mejora de su eficiencia.
4. Desarrollar dentro del plan de mejora, un plan de capacitación a los operarios y todas aquellas personas que de una u otra forma interactúen con las calderas.
5. Proponer una mejora continua, mediante una guía de mantenimiento; la cual entraría en vigencia luego de aplicado el plan de mejora.

INTRODUCCIÓN

El Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), es una institución de gran importancia para los trabajadores guatemaltecos, el Decreto número 295, Ley orgánica del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, establece que, patronos y trabajadores, deben estar inscritos como contribuyentes, lo que hace que el IGSS se obligue a prestar un servicio de calidad a sus afiliados.

El IGSS posee varios hospitales para prestar los servicios de salud, el presente trabajo de graduación se realizará en el Hospital General de Enfermedades de la zona 9, específicamente en el área de mantenimiento, donde se realizará un estudio térmico de las dos calderas y a partir del mismo, se proponga un plan de mejora al equipo, así como un plan de capacitación al personal de operación y mantenimiento que tiene a cargo las mismas.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Generalidades del Hospital General de Enfermedades IGSS, zona 09

Las calderas estudiadas se encuentran en el Hospital General de Enfermedades IGSS, zona 9; a continuación el logo del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social.

Figura 1. **Logo Instituto Guatemalteco de Seguridad Social**



Fuente: *Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, IGSS. www.igssgt.org. Consulta: junio de 2013.*

1.1.1. Reseña histórica

En Guatemala, como una consecuencia de la Segunda Guerra Mundial y la difusión de ideas democráticas propagadas por los países aliados, se derrocó al gobierno interino del General Ponce Vaidés, quien había tomado el poder

después de una dictadura de 14 años por el General Jorge Ubico, y se eligió un Gobierno democrático, bajo la presidencia del Dr. Juan José Arévalo Bermejo.

El Gobierno de Guatemala de aquella época, gestionó la venida al país, de dos técnicos en materia de Seguridad Social. Ellos fueron el Lic. Oscar barahona streber (costarricense) y el Actuario Walter Dittel (chileno), quienes hicieron un estudio de las condiciones económicas, geográficas, étnicas y culturales de Guatemala. El resultado de este estudio lo publicaron en un libro titulado: *Bases de la Seguridad Social en Guatemala*.

Al promulgarse la Constitución de la República de aquel entonces, el pueblo de Guatemala, encontró entre las Garantías Sociales en el Artículo 63, el siguiente texto: "se establece el seguro social obligatorio". La Ley regulará sus alcances, extensión y la forma en que debe de ser puesto en vigor.

El 30 de octubre de 1946, el Congreso de la República de Guatemala, emite el Decreto número 295, *La Ley Orgánica del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social*. Se crea así. Una Institución autónoma, de derecho público de personería jurídica propia y plena capacidad para adquirir derechos y contraer obligaciones, cuya finalidad es aplicar en beneficio del pueblo de Guatemala, un Régimen Nacional, Unitario y Obligatorio de Seguridad Social, de conformidad con el sistema de protección mínima" (Cap. 1º, Art. 1º).

Se crea así un Régimen Nacional, Unitario y Obligatorio. Esto significa que debe cubrir todo el territorio de la República, debe ser único para evitar la duplicación de esfuerzos y de cargas tributarias; los patronos y trabajadores de acuerdo con la Ley, deben de estar inscritos como contribuyentes, no pueden evadir esta obligación, pues ello significaría incurrir en la falta de previsión social.

La Constitución Política de la República de Guatemala, promulgada el 31 de mayo de 1985, dice en el artículo 100: Seguridad Social. El Estado reconoce y garantiza el derecho de la seguridad social para beneficio de los habitantes de la nación.

1.1.2. Funciones

El IGSS cumple dos funciones esenciales:

- Atención médica: mecanismo de protección a la vida, que tiene como fin fundamental la prestación de los servicios médico-hospitalarios para conservar, prevenir o restablecer la salud de nuestros afiliados, por medio de una valoración profesional, que comprende desde el diagnóstico del paciente hasta la aplicación del tratamiento requerido para su restablecimiento.
- Previsión social: consiste en proteger a nuestros afiliados de aquellos riesgos que los privan de la capacidad de ganarse la vida, cuales quiera que sea el origen de tal incapacidad (maternidad, enfermedad, invalidez, vejez, entre otros); o, en amparar a determinados familiares, en caso de muerte de la persona que velaba por su subsistencia.

1.1.3. Misión

“Proteger a nuestra población asegurada contra la pérdida o deterioro de la salud y del sustento económico, debido a las contingencias establecidas en la ley”¹.

¹ *Misión y visión del IGSS.* <http://www.igssgt.org/mision.php>. Consulta: junio de 4 2013.

1.1.4. Visión

“Ser la institución de seguro social caracterizada por cubrir a la población que por mandato legal le corresponde, así como por su solidez financiera, la excelente calidad de sus prestaciones, la eficiencia y transparencia de gestión”².

1.1.5. Objetivos estratégicos

- “Ampliación de cobertura
- Solidez financiera
- Oportunidad y suficiencia de las prestaciones
- Eficiencia y transparencia de gestión
- Crecimiento y desarrollo institucional”³

1.2. División mantenimiento

La división de mantenimiento es parte del departamento de servicios de apoyo, este departamento tiene como funciones principales garantizar el servicio de seguridad institucional y privada a todas las unidades médico administrativas del Instituto, el servicio de radiocomunicación a nivel nacional, telefonía local, servicio de reproducción de documentos a nivel nacional, transporte de funcionarios y empleados para el desempeño de sus atribuciones en el área metropolitana, y el servicio de limpieza del edificio de oficinas centrales, mensajería metropolitana y conserjería.

² *Misión y visión del IGSS*. <http://www.igssgt.org/mision.php>. Consulta: junio de 2013.

³ *Ibíd.*

La división de mantenimiento se encuentra ubicada en la diagonal 12, 0-03 zona 9, aunque en la institución existe el departamento de mantenimiento dirigido por dicha división.

1.2.1. Funciones

La División de Mantenimiento tiene como función principal la planeación, organización, dirección, ejecución y supervisión de las construcciones, ampliaciones y modificaciones de todos los edificios propiedad del instituto o arrendados por este, la gestión del desarrollo y ejecución del presupuesto de inversión sobre infraestructura física del Instituto y velar porque las instalaciones, equipos en general y servicios, tanto de edificios propios como contratados, funcionen eficientemente, dándoles el mantenimiento oportuno.

1.2.2. Misión

“Planificar y supervisar las construcciones y modificaciones de las unidades médicas del instituto y ejecutar y supervisar el mantenimiento de las mismas.”⁴

1.2.3. Visión

“Que el instituto cuente con la infraestructura básica y eficiente, para brindar los servicios de atención médica en salud a toda la población afiliada y sus beneficiarios.”⁵

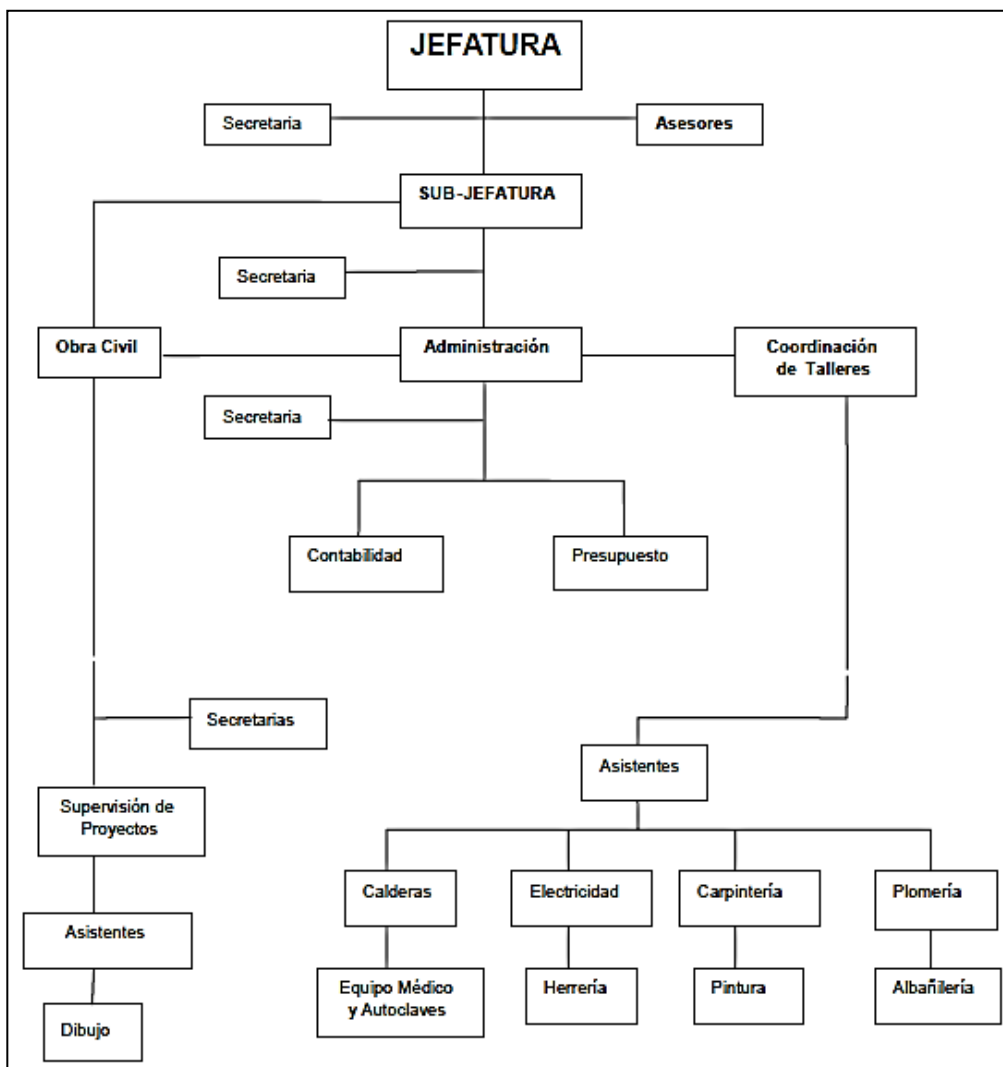
⁴ Misión y visión del IGSS. <http://www.igssgt.org/mision.php>. Consulta: junio de 2013.

⁵ *Ibíd.*

1.2.4. Estructura organizacional

La división de mantenimiento se organiza de la siguiente manera, la siguiente figura muestra con mayor detalle dicha organización:

Figura 2. Organigrama de la División de Mantenimiento



Fuente: División de Mantenimiento, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social.

1.2.5. Unidades de servicio de apoyo que utilizan vapor en sus procesos

- Unidad de lavandería
- Unidad de alimentación
- Central de equipos
- Laboratorio de leches
- Sala de operaciones adultos

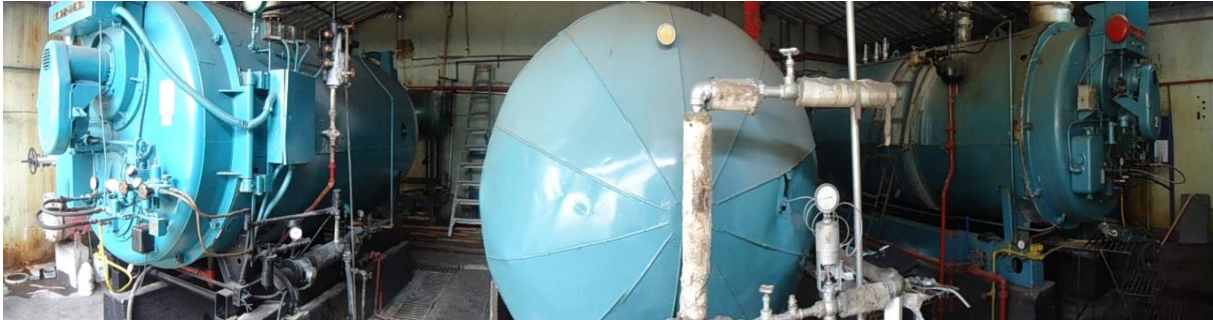
1.3. Calderas

La caldera es un equipo generador de vapor, que consiste en un recipiente herméticamente sellado sometido a altas presiones y temperaturas, quemador, controles del quemador, ventilador de tiro forzado, compuertas de aire, refractario y otros sistemas que permiten generar y mantener controlada tanto la generación como distribución de vapor.

El objetivo principal de una caldera es de generar calor a base de un combustible, este calor es transferido en forma de vapor, el cual tiene gran diversidad de usos industriales, este vapor se conduce por medio de tuberías, que deben encontrarse aisladas.

La siguiente figura muestra el cuarto de calderas del hospital, de izquierda a derecha, la caldera 1, luego un calentador que se encuentra fuera de servicio y por último, la caldera 2.

Figura 3. **Calderas, Hospital General de Enfermedades IGSS, zona 9**



Fuente: Hospital General de Enfermedades IGSS, zona 9.

1.3.1. Funcionamiento de una caldera

El quemador es donde se produce la combustión que genera el calor para poder pasar el agua de líquida a vapor, éste es controlado automáticamente para pasar únicamente el combustible necesario para mantener la presión de vapor deseada, es decir en base a la demanda.

De acuerdo a la cantidad de veces que el agua tiene contacto con el humo o gases calientes, la caldera se puede definir como de doble, triple, entre otros.; en este caso se poseen dos calderas de cuatro pasos. El agua calentada o vapor se levanta de la superficie del agua se vaporiza y es colectada en cámaras o tambores, estos tambores determinan la capacidad de producción de vapor de la caldera. En la parte superior de estos tambores, se encuentra el cabezal de vapor, donde a partir de este el vapor es conducido por tuberías. Los productos de la combustión como gases, son conducidos hacia afuera por medio de una chimenea la cual se encuentra en la parte superior de la cámara de combustión.

1.3.2. Tipos de calderas

Existen varias formas de clasificación de calderas, entre las cuales se puede señalar:

- Por su movilidad
 - Fija o estacionaria
 - Móvil o portátil

- Por su presión de trabajo
 - Baja presión: de 0 – 2,5 Kg/cm²
 - Media presión: de 2,5 – 10 Kg/cm²
 - Alta presión: de 10 – 220 Kg/cm²
 - Supercríticas: más de 220 Kg/cm²

- Por su generación
 - De agua caliente
 - De vapor: saturado (húmedo o seco)
 - De vapor: recalentado

- Por el tiro
 - De tiro natural
 - De hogar presurizado
 - De hogar equilibrado

- Por su configuración
 - Vertical
 - Horizontal

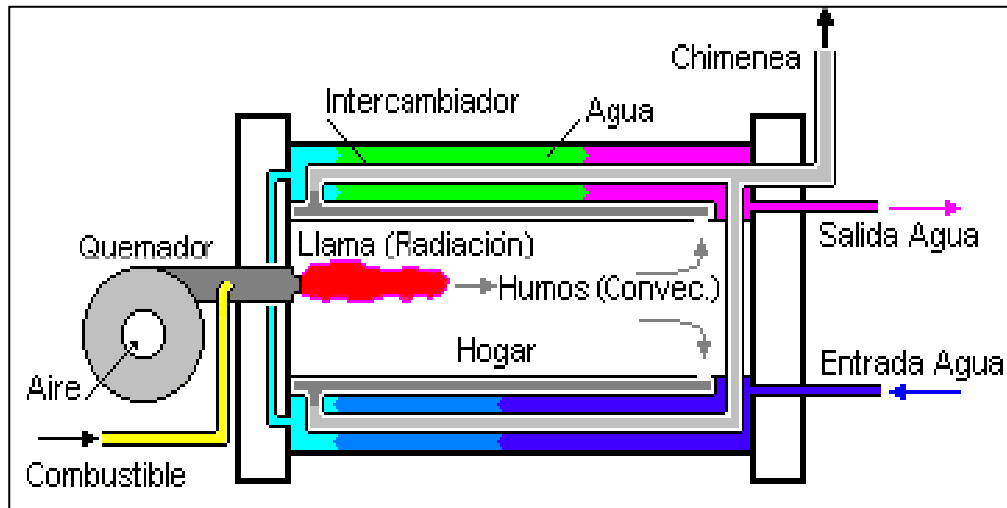
- Por el combustible empleado
 - Combustibles sólidos
 - Combustibles líquidos
 - Combustibles gaseosos
 - Combustibles especiales (licor negro, bagazo, entre otros)
 - De recuperación de calor de gases
 - Mixtas
 - Nucleares

- Por su diseño
 - Pirotubulares
 - Acuotubulares

1.3.2.1. Calderas pirotubulares

Son recipientes metálicos, comúnmente de acero, de formas cilíndricas o semicilíndricas, atravesados por grupo de tubos por cuyo interior circulan gases calientes procedentes de la combustión de un combustible, cuyo exterior está bañado por el agua de la caldera. El combustible se quema en un hogar, y aquí es donde se da la transmisión de calor por radiación, y estos gases producidos son los que circulan los tubos que constituyen el haz tubular de la caldera y aquí se da el intercambio de calor por conducción y convección.

Figura 4. **Caldera pirotubular**

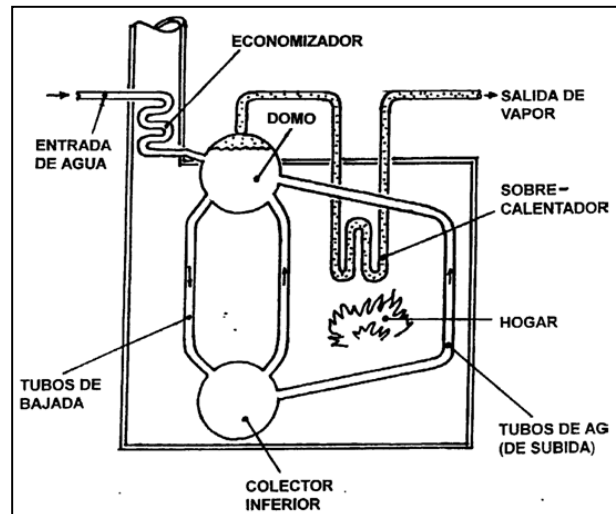


Fuente: *Generadores y calderas de vapor, Tema 13. p. 83*

1.3.2.2. **Calderas acuotubulares**

Se componen de uno o más cilindros que almacenan el agua y vapor, al contrario de lo que ocurre con las calderas pirotubulares, es el agua el que circula en el interior de tubos que conforman un circuito cerrado, a través del calderín o calderines, que constituye la superficie de intercambio de calor de la caldera.

Figura 5. **Esquema caldera acuotubular**

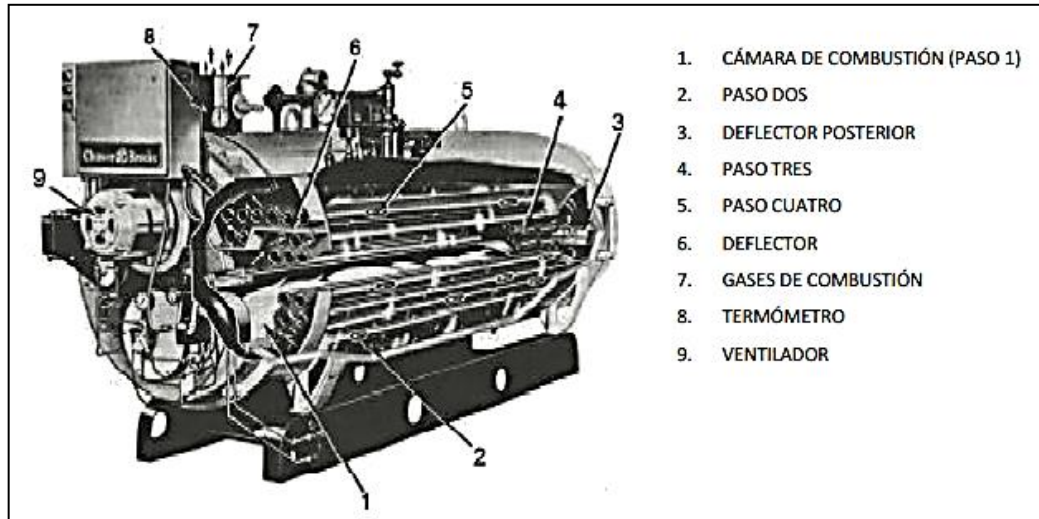


Fuente: *Generadores y calderas de vapor, Tema 13.* p. 90.

1.3.3. **Accesorios y equipo auxiliar asociado a las calderas**

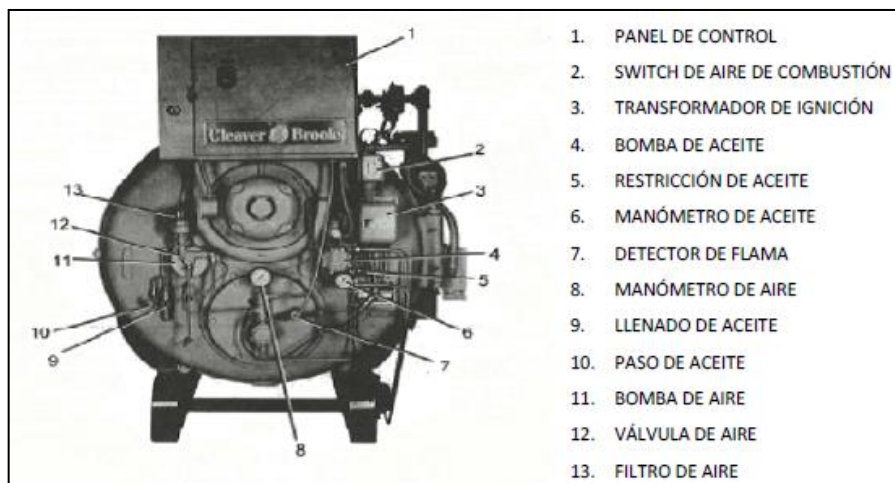
Por el término: equipo auxiliar se comprenden aquellas partes directamente conectadas a la caldera o dentro de la misma. Este equipo auxiliar consta de aparatos o dispositivos, accesorios o armaduras, que están íntimamente ligados, ya sea con la caldera misma o con su operación, control o mantenimiento.

Figura 6. Partes caldera pirotubular



Fuente: Cleaver Brooks. *Manual de operación y mantenimiento de calderas*. p. 24.

Figura 7. Accesorios caldera pirotubular



Fuente: Cleaver Brooks. *Manual de operación y mantenimiento de calderas*. p. 25.

1.3.4. El quemador y el sistema de control

El propósito principal del quemador es mezclar y dirigir el flujo de combustibles y aire; y con esto lograr que se asegure el encendido rápido y la combustión completa. El sistema de control de la combustión consta de dispositivos automáticos que mantienen la presión de vapor deseada y la proporción correcta entre el combustible y el aire al variar la carga.

Por la forma en que toman el aire de combustión existen dos tipos de quemadores:

- Quemadores atmosféricos
- Quemadores mecánicos

El quemador de aceite es de tipo de baja presión, atomizado por aire. El quemador de gas es de 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 de que se ha establecido la llama principal. Los quemadores equipados para quemar tanto gas como aceite incluye el equipo apropiado para cada combustible; el quemador utiliza solo un tipo de combustible a la vez, en estos quemadores combinados se incorpora un selector para gas-aceite.

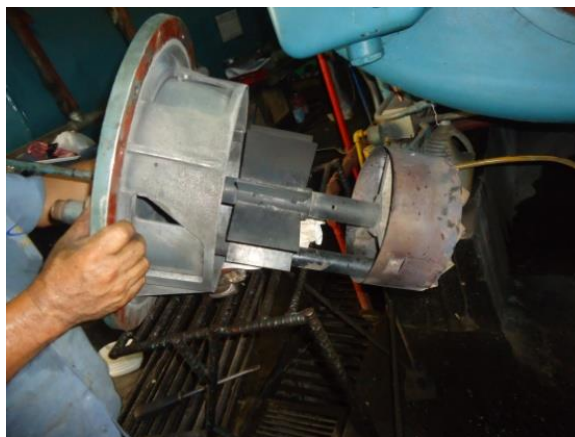
El guarda llama y el relevador de programación incluyen un detector de llama (sensible a rayos infrarrojos) para vigilar la llama de aceite y del gas, y apaga el quemador en caso de alguna falla en la llama. Otros controles de seguridad se encargan de apagar el quemador bajo condiciones de alta temperatura de agua, bajo nivel de agua o presión excesiva de vapor.

Los controles de entrecierre de seguridad incluyen interruptores que comprueban la combustión, el aire atomizado, presión del aceite y temperatura del aceite. La secuencia de operación del quemador, está controlada por el relevador de programación en conjunto con los dispositivos de operación, limitador y entrecierre.

El aire de combustión es suministrado por un soplador centrífugo y el flujo de aceite combustible, por medio de una válvula medidora actuada por leva. El combustible y el aire ingresan proporcionalmente para producir una combustión eficiente.

El aire primario filtrado para atomizar el aceite combustible es suministrado por una bomba de aire. El circuito de control de quemador opera con corriente alterna monofásica de 115 V, de 60 Hz. El motor del ventilador de tiro forzado opera con servicio trifásico al voltaje disponible. La siguiente figura es el quemador de la caldera número dos.

Figura 8. **Quemador caldera número dos**



Fuente: Hospital General de Enfermedades, IGSS, zona 9.

1.3.5. Cámara de agua

Es el espacio que el agua ocupa dentro de la caldera. Aquí se determina la capacidad de agua de la caldera, la cual debe de tener un nivel fijado por lo menos 15 cm a los tubos o conductos de humo superiores. Se pueden clasificar de acuerdo a la razón entre la capacidad de la cámara de agua y la superficie de calefacción, y se distinguen las siguientes calderas:

- Calderas de gran volumen
- Calderas de mediano volumen
- Calderas de pequeño volumen

1.3.6. Sistema eléctrico de calderas

Existe un componente electrónico, el cual es el cerebro de la caldera y es necesario para el funcionamiento correcto de la caldera, se denomina programador. Su función es dar una secuencia de operación al funcionamiento de la caldera. El sistema eléctrico es indispensable para garantizar que la caldera opere correctamente, y tiene como finalidad mantener en funcionamiento los motores, válvulas solenoides, termostatos, entre otros.

1.3.7. Sistema de alimentación de agua

Un factor importante para que la caldera trabaje en óptimas condiciones, es el suministro adecuado de agua; ya que se debe mantener un nivel constante dentro de la caldera. El sistema de alimentación de agua consta de dos partes:

1.3.7.1. Sistema de recepción de condensado

Este sistema inicia por la recolección a partir de las trampas de vapor, después la conducción por la red de tuberías de retorno y termina en el tanque de condensados. Una trampa de vapor, es una válvula que cumple con las siguientes funciones: drenar el condensado, eliminar gases no condensables y cualquier suciedad en el vapor y/o en el condensado y no permitir el escape del vapor. El tanque de condensados es el mismo que el tanque de almacenamiento de agua de alimentación, la reserva es proporcional a la capacidad de la caldera, se recomienda que la cantidad de agua por almacenar, sea la mínima para sostener la evaporación de la caldera durante por lo menos 20 minutos.

Figura 9. Tanque de condensado caldera número 1



Fuente: Hospital General de Enfermedades, IGSS, zona 9.

La altura del tanque de condensados, debe de ser tal que el nivel de agua del tanque es el mismo que el nivel máximo del agua de la caldera, esto con el fin de evitar que se inunde la caldera y con ella causar pérdidas de químicos y temperatura del agua de la caldera.

1.3.7.2. Sistema de bombeo

Para alimentar las calderas de tubos de humo, se utilizan bombas de tipo turbina, ya que éstas operan intermitentemente, se activan cuando la caldera necesita agua, y descargan en la caldera sin mayor restricción que la presión interna de la caldera. El cuarto de calderas cuenta con dos bombas de agua, actualmente se encuentra en funcionamiento la bomba número uno, que puede abastecer a ambas calderas, ya que la bomba número dos, se encuentra inservible.

Figura 10. **Bomba de agua número uno**



Fuente: Hospital General de Enfermedades, IGSS, zona 9.

1.3.8. Sistema de alimentación de combustible

Para el sistema de alimentación de combustible, intervienen otros fluidos para que se dé la combustión; a continuación se describen.

1.3.8.1. Línea de combustible

- Bomba de combustible: La bomba de combustible (bunker) es de tipo engranajes de desplazamiento positivo, debe trabajar a velocidades lentas, entre 300 y 350 rpm.

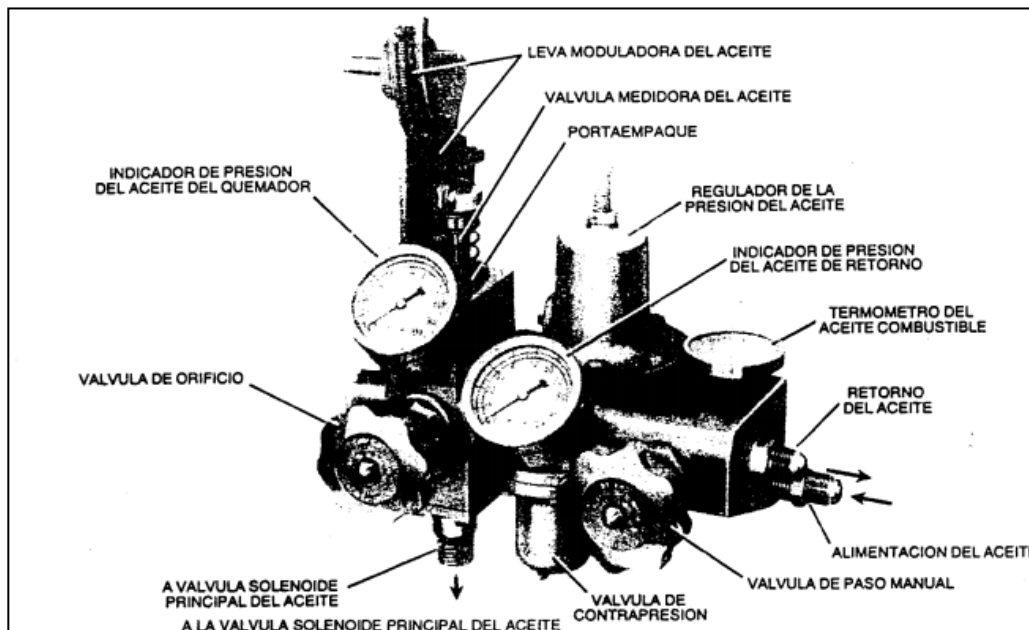
Figura 11. Bombas de combustible



Fuente: Hospital General de Enfermedades, IGSS, zona 9.

- Calentador eléctrico: este calentador es necesario, ya que al elevar la temperatura del aceite disminuye la viscosidad, aproximadamente a 200 ssu, la cual es necesaria para lograr una correcta combustión. El calentador a vapor utiliza vapor de la caldera a aproximadamente 30 psi.
- Control mecánico de combustible: es conocido también como maniful de combustible, el cual se encarga de graduar la cantidad de combustible que pasará al quemador, para el caso de un aceite pesado, este consta de 2 válvulas de paso, 2 manómetros, una leva reguladora de combustible y un termómetro donde marcará aproximadamente 90 °C que es la temperatura ideal a la que debe ingresar el bunker.

Figura 12. **Control mecánico de combustible pesado**



Fuente: Cleaver Brooks. *Manual de operación y mantenimiento de calderas*. p. 26.

- Tirador del combustible: es también conocido como cañón del quemador, es la parte donde está ubicada la boquilla que regula la cantidad de combustible. Ésta deposita el combustible directamente a la cámara de combustión.
- Válvulas solenoides de combustible: válvula que se abre al activarse por medio de los contactos en el programador y así permite el flujo del bunker de la válvula medidora a la boquilla del quemador.
- Termostato para el calentador de vapor: percibe la temperatura del aceite combustible, y activa o desactiva el calentador de aceite eléctrico, para mantener la temperatura requerida, aproximadamente 90 °C.

1.3.8.2. Línea de aire para atomización

La atomización es necesaria para garantizar una combustión efectiva, evitando así el desperdicio de combustible, ya que es necesario garantizar la eficiencia de accesorios y equipos utilizados para la producción de vapor. El aire para atomizar el bunker, conocido 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 bunker un poco antes que el aceite salga de la boquilla. La presión del aire atomizado se indica en el indicador de presión del aire en el quemador. El sistema de atomización consta de dos partes importantes, el compresor de aire y la válvula de purga de aire.

1.3.8.3. Línea de vapor

- Válvula reguladora de presión de vapor: esta válvula es utilizada para regular la presión del vapor necesaria para calentar el bunker, así evitar sobrecalentamiento del mismo.
- Válvula solenoide para vapor: esta válvula es accionada por el control de presión de la caldera y permite el paso de vapor al precalentador.

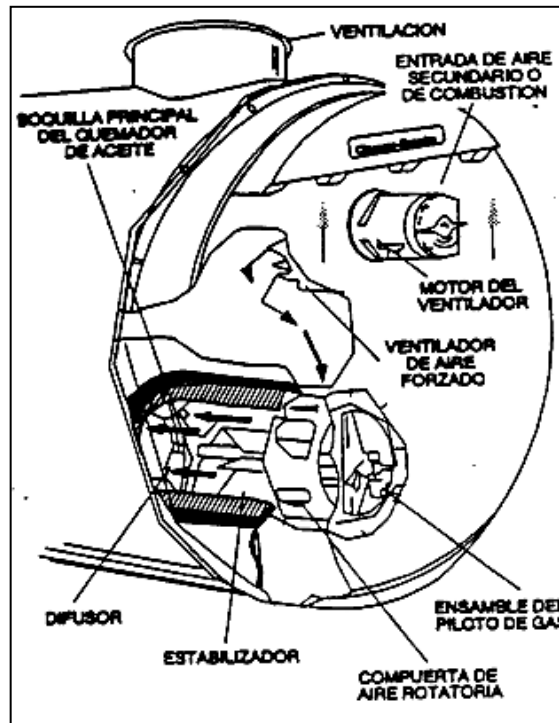
1.3.8.4. Aire de combustión

El aire para la combustión del combustible, conocido como aire secundario, es suministrado por el ventilador de tiro forzado montado en la parte 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.

- Damper: este mecanismo proporciona la cantidad adecuada de aire del ambiente para la proporción de aire combustible en todo el campo de fogueo, es también llamado registro rotatorio de aire.

Figura 13. Diagrama de flujo de aire secundario



Fuente: Cleaver Brooks. *Manual de operación y mantenimiento de calderas*. p. 16.

1.3.8.5. Flujo del gas combustible

El 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, válvulas de gas principales y la válvula de gas moduladora tipo mariposa hacia el quemador.

La válvula de gas principal está normalmente cerrada y se activa 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.

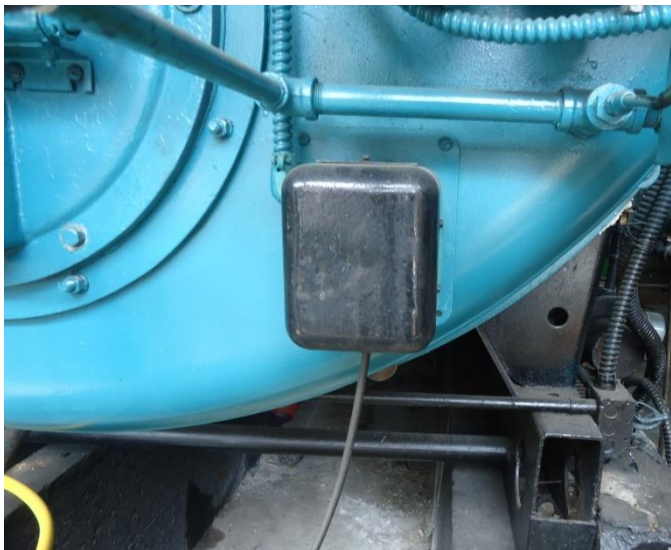
- Ignición automática

El quemador se activa por un tipo de piloto interrumpido, la llama del piloto se enciende automáticamente por una chispa eléctrica. En el caso de quemador combinado el piloto de gas se utiliza para encender la llama principal. Al inicio del ciclo de ignición y controlado por el relevador de programación, se activan simultáneamente la válvula solenoide del piloto y el transformador de la ignición.

El transformador de la ignición suministra corriente de alto voltaje para la chispa de encendido; un piloto de gas tiene un solo electrodo, y la chispa genera un arco entre el electrodo y la pared del tubo que lo encierra.

La válvula solenoide del piloto y el transformador de ignición se desactivan después de que se enciende y se establece la llama principal.

Figura 14. **Transformador de ignición**



Fuente: Hospital General de Enfermedades, IGSS, zona 9.

1.4. Mantenimiento

Es el control constante de las instalaciones y componentes, así como los trabajos de revisión y reparación que son necesarios para garantizar el buen estado de conservación y funcionamiento regular de un sistema.

1.4.1. Objetivos

- Evitar accidentes
- Evitar detenciones inútiles o paros de máquina
- Reducir costos
- Prolongar la vida útil de los bienes
- Evitar, reducir y, en su caso, reparar los fallos
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras de operación
- Disminuir la gravedad de los fallos que no se pueden evitar

1.4.2. Tipos de mantenimiento

- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento predictivo
- Mantenimiento productivo total

2. EVALUACIÓN ACTUAL DE LAS CALDERAS

2.1. Cuarto de calderas

El cuarto de calderas son recintos donde se encuentra una instalación que produce calor o vapor térmico y funciona con combustible, en los cuales la suma de la potencia de sus generadores térmicos superó los 70 kW. El cual debe cumplir con normativas respecto a ventilación, iluminación, seguridad e higiene, accesos, dimensiones, entre otros.

El cuarto de calderas posee varios equipos, dos calderas, las cuales se alternan para trabajar semestralmente; un calentador, que está fuera de servicio, debido a que se instalaron calentadores eléctricos a los lugares que abastecía el mismo; dos tanques de condensado, cada uno con una bomba de alimentación para las calderas, ambas pueden alimentar a cualquier caldera; dos bombas de alimentación de combustible, cuando se es necesario se utilizan las dos, ambas pueden alimentar a cualquier caldera.

2.1.1. Acceso

Actualmente, el cuarto consta de un acceso con dimensiones de 0.98 m de ancho y 2.10 m de altura, con ello se cumple lo descrito en la normativa, aunque existen puntos en los que la distancia del mismo hacia el acceso es mayor a 15 m, por lo tanto, es necesario realizar otro acceso así como corregir que la puerta del acceso se abre hacia adentro.

2.1.2. Cerramientos

El suelo debe tener una resistencia adecuada para soportar el peso de los equipos que vayan a ser instalados dentro del cuarto de calderas; ya que estos equipos ejercen presión sobre el suelo y ésta debe ser tomada en cuenta y verificar si el mismo debe reforzarse. Los cerramientos no deben permitir filtraciones de humedad. Respecto a estas normativas, el cumplimiento con las mismas es ideal, este fue reforzado.

2.1.3. Dimensiones

Se deben tener unas dimensiones mínimas, las cuales permitan que todos los equipos e instalaciones sean perfectamente accesibles, de modo que puedan realizarse adecuadamente y sin peligro las operaciones de mantenimiento, vigilancia y conducción. El cuarto de calderas se poseen las siguientes dimensiones:

- Frente: 1200 cm.
- Profundidad: 600 cm.
- Altura del suelo para la tubería: 320 cm.
- Distancia entre caldera 1 y pared: 230 cm.
- Distancia entre caldera 1 y calentador: 160 cm.
- Distancia entre calentador y caldera 2: 160 cm.
- Distancia entre caldera 2 y pared: 210 cm.
- Distancia de la puerta delantera de la caldera a la pared: 220 cm.
- Distancia de la puerta trasera de la caldera a la pared: 350 cm.
- Altura bancada de obra: 40 cm.
- Altura de la parte superior de la caldera a la tubería 80 cm.
- Altura máxima del techo: 490 cm.

2.1.4. Ventilación

La sala de calderas requiere una buena ventilación por dos objetivos que debe cumplir, el primero, suministrar aire necesario para la combustión y el segundo, proporcionar una renovación de aire que permita mantener temperaturas aceptables y aislar los posibles contaminantes. La sala de calderas posee una ventilación natural, ya que la sala de calderas no tiene pared de concreto en la parte frontal, sino una malla a una altura de 210 cm, posteriormente un espacio libre de 110 cm de altura, el resto ya es parte del techo; con esto logra las condiciones deseadas dentro del cuarto.

2.1.5. Iluminación

La iluminación es un factor importante para realizar con comodidad los trabajos de mantenimiento, así como en la eficiencia con que se hagan los mismos. Un lx equivale a un lumen/m², mientras un lumen es una medida de la potencia luminosa emitida por la fuente. En este caso, la fuente son las lámparas industriales, instaladas dentro del cuarto de calderas. Se cuenta con 5 balastos, los cuales producen 5000 lúmenes cada uno, cada balasto está formado por dos lámparas. 6 de las 10 lámparas se encuentran en buen estado, de acuerdo con estas condiciones se tiene lo siguiente:

2 500 lúmenes por lámpara

6 X 2,500 = 15 000 lúmenes

Área = frente X profundidad = 12 m X 9 m = 108 m²

lx = lúmenes/área = 15,000/108 = 138,89 lx = 139 lx

Se puede observar que la iluminación está por debajo de la mínima, y debe ser corregida.

Figura 15. **Iluminación cuarto de calderas**



Fuente: Hospital General de Enfermedades, IGSS, zona 9.

2.1.6. Seguridad e higiene

El cuarto de calderas no cumple con la normativa de seguridad, ya que en el lugar hay muchos objetos no correspondientes a este lugar, como cajas de cartón, tubos PVC, tubos metálicos, entre otros.; es utilizada como una bodega, provocando que estos se conviertan en objetos obstructores de paso y ocupan un lugar, dificultando esto la evacuación al momento de cualquier emergencia o bien haciendo existir peligro de caída u otro accidente al trabajar en el cuarto de calderas. La sala posee un extintor, pero no posee ningún tipo de señalización de seguridad, tampoco una ducha de seguridad, ni el equipo y vestimenta adecuada para trabajar.

Figura 16. **Extintor en cuarto de calderas**



Fuente: Hospital General de Enfermedades, IGSS, zona 9.

2.2. Especificaciones de calderas

A continuación se presentan las especificaciones de las dos calderas, durante este capítulo se presentan los resultados obtenidos en el diagnóstico de las mismas, realizado durante los meses de mayo y junio de 2013.

Tabla I. **Especificaciones caldera número 1**

No. de identificación	1	Tipo	Pirotubular
Marca	Cleaver Brooks	Modelo	CB-600-125
No. de serie	L-85820	Capacidad	125 HP
Ignición	Automática	Combustible	Bunker
Presión Max.	150 PSI		

Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Especificaciones caldera número 2**

No. de identificación	2	Tipo	Pirotubular
Marca	Cleaver Brooks	Modelo	CB-355-125
No. de serie	L-44127	Capacidad	125 HP
Ignición	Automática	Combustible	Bunker
Presión Max.	150 PSI		

Fuente: elaboración propia.

2.3. Tiempo de vida

Las caldera número uno tiene aproximadamente veinticuatro años de funcionamiento; mientras que la caldera número dos tiene aproximadamente cuarenta y cinco años; y debido a este tiempo se ha ido deteriorando, por lo tanto es muy importante realizar el mantenimiento adecuado, así como, las reparaciones necesarias, para con ello se pueda aprovechar al máximo las máquinas y lograr una mayor eficiencia de la misma.

2.4. Observación de la operación

Las calderas trabajan alternándose semestralmente, y se aplica el mantenimiento correctivo durante el semestre que no está trabajando, logrando con esto una mayor eficiencia, y un mejor mantenimiento de las mismas.

Diariamente a las 5:00 a.m. se inician las rutinas previas al encendido de la caldera, para abastecer de vapor a las diferentes unidades que lo utilizan a partir de las 6:00 a.m.; esta rutina incluye:

- Limpieza de conductos de combustible.
- Revisar que exista agua en el tanque de condensado.
- Revisar que haya energía eléctrica del tablero principal al tablero de control de la caldera.
- Verificar que las válvulas en el manifold de distribución de vapor estén cerradas.
- Verificar que válvulas de purgas estén cerradas.
- Verificar que exista combustible y gas en los tanques, así como la cantidad que se tiene.
- Abrir válvula de suministro de combustible a la caldera.
- Abrir válvula de suministro de agua al tanque de condensados.
- Abrir válvula de suministro de agua del tanque de condensados a la caldera.

Posteriormente, se inicia con el encendido de los equipos:

- Precalentador
- Bomba de circulación de combustible

La caldera se enciende hasta el momento que se alcancen las temperaturas necesarias del combustible y del agua, para no dañar la caldera y poder realizar una correcta combustión. Se enciende la caldera y se dan procesos ya automáticos, como la ignición, atomización, entre otros. Finalmente, se procede a abrir lentamente las válvulas en el manifold de distribución de vapor que sean requeridas.

Durante su funcionamiento son realizadas de 4 a 5 purgas de fondo y se lleva el control de presiones y temperaturas cada hora, a continuación se presenta el esquema utilizado para llevar dicho control. La caldera trabaja 14 horas diarias, finalizando la jornada a las 7:00 p.m., donde se cierra la válvula principal del manifold de distribución de vapor, para posteriormente apagarla y finalizando con el cierre de válvulas abiertas al inicio de la operación de la caldera. A continuación se presentan los datos de operación de ambas calderas.

Tabla III. Datos de operación caldera número 1

Presión del vapor (PSI)	70 – 100
Presión del aire al atomizador (PSI)	13
Presión del combustible (PSI)	80
Temperatura del petróleo (°C)	100
Temperatura del agua de alimentación (°C)	45
Temperatura de la chimenea (°F)	450

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. Datos de operación caldera número 2

Presión del vapor (PSI)	70 – 100
Presión del aire al atomizador (PSI)	13
Presión del combustible (PSI)	60
Temperatura del petróleo (°F)	190
Temperatura del agua de alimentación (°C)	45
Temperatura de la chimenea (°F)	450

Fuente: elaboración propia.

2.5. Eficiencia

La eficiencia es disminuida con el uso de la caldera, operación incorrecta, condiciones del cuarto de calderas, entre otras; ambas calderas trabajan actualmente con una eficiencia aproximada del 60 %, la cual es aceptable pero que puede mejorar.

2.6. Tuberías

En ciertas secciones de la tubería existen daños superficiales, debido a la corrosión y desgaste; se debe tener consideraciones especiales con la tubería de suministro de vapor, ya que en ellas es donde se deben de tomar mayores consideraciones con la presión y temperatura.

2.6.1. Color

Dentro del cuarto de calderas se encuentran tuberías que transportan fluidos de vapor, agua, gas y bunker, cada una de ellas debe de ir de un color específico, se tiene la siguiente tabla que muestra los colores con los cuales debe de ir cada sistema de tuberías.

Colores de las tuberías que se tienen en el cuarto de calderas:

- Vapor rojo
- Agua azul
- Bunker plateado
- Gas amarillo

Figura 17. Tubería dentro del cuarto de calderas



Fuente: Hospital General de Enfermedades, IGSS, zona 9.

2.6.2. Material

- Vapor hierro negro
- Agua acero
- Bunker acero
- Gas acero

2.6.3. Diámetro

- Vapor 4 pulgadas
- Agua ¾ pulgadas
- Bunker 1 ½ pulgadas
- Gas ¾ pulgadas

2.6.4. Tuberías de suministro de vapor

Para lograr mantener la temperatura y no tener pérdidas de energía calorífica, las tuberías de vapor deben de tener aislantes térmicos, en su mayor parte, dicho aislante está dañado, lo que provoca consecuencias negativas en las calderas, provocando una menor eficiencia y aumento de costos. Además, genera otros problemas:

- Suministro de vapor de mala calidad a las diferentes unidades de servicio
- Equipos operando a su mínima capacidad
- Reducción de vida útil de tubería, eficiencia
- Golpe de ariete, debido a la condensación excesiva de vapor
- Corrosión excesiva en las tuberías, provocando fugas de vapor
- Tuberías peligrosas para personal de operación

Figura 18. Tubería de vapor en cuarto de calderas



Fuente: Hospital General de Enfermedades, IGSS, zona 9.

2.7. Condiciones actuales de las calderas

Las calderas pirotubulares se encuentran funcionando en un estado aceptable, ya que cumplen con la demanda de vapor que se da en el hospital y dicho vapor es de buena calidad; aunque es lógico pensar que por tantos años de uso su capacidad, rendimiento y eficiencia hayan disminuido, provocando esto costos mayores como en electricidad, combustible, agua, entre otros.; así como la necesidad de reparación de partes de la caldera y algún cambio de partes auxiliares de las mismas. A continuación se presenta con mayor detalle el estado actual de las mismas.

2.7.1. Consumo de combustible por hora

El hospital cuenta con dos tanques del combustible bunker (aceite pesado número 6) con una capacidad de 3 000 galones cada uno. Estos tanques se encuentran fuera del cuarto de calderas, a escasos 3 metros del acceso al mismo, ambos son cilíndricos, se encuentran debajo del nivel del suelo de una manera horizontal.

Ambos tanques no presentan picaduras o fugas, por lo tanto, ambos se encuentran en buen estado. Sabiendo que ambos tanques cuentan con una capacidad de 3 000 galones y que ambos son cilíndricos que poseen un diámetro de 64 pulgadas, se determinó el largo del mismo de la siguiente manera: $v = \pi * r^2 * l$

Donde

v = volumen del tanque

r = radio del tanque

l = largo del tanque

Despejando l, tenemos:

$$l = v / (\pi * r^2)$$

Teniendo los datos:

$$v = 3\,000 \text{ gal} * 1 \text{ m}^3 / 264,173 \text{ gal} = 11,36 \text{ m}^3$$

$$r = 32 \text{ pulgadas} * 0,0254 \text{ cm} / 1 \text{ pulgada} = 0,8 \text{ m}$$

Por lo tanto, al sustituir datos se obtiene:

$$l = v / (\pi * r^2) = 11,36 \text{ m}^3 / (\pi * (0,8 \text{ m})^2) = 5,65 \text{ m}$$

Con esto se concluirá que se tienen dos tanques de combustible con capacidad de 3 000 galones cada uno, con las siguientes dimensiones: 1,6 m de diámetro y 5,65 m de largo.

Debido a la posición horizontal de los tanques, el proceso para conocer el consumo de combustible diario es el siguiente: (Se realiza antes de encender la caldera).

- Por medio de una varilla se mide el nivel del tanque en pulgadas.
- Se posee una tabla calibradora, en la cual por medio del nivel del tanque en pulgadas se encuentra la cantidad de galones disponibles.
- En el cuaderno de registro se encuentra anotada la cantidad disponible al inicio del día anterior.
- Por medio de una resta entre la cantidad disponible del día anterior y el día actual, se conoce el consumo de combustible de la caldera del día anterior.

Figura 19. **Varilla para medición del nivel del tanque de bunker**



Fuente: Hospital General de Enfermedades, IGSS, zona 9.

Se utiliza combustible de un tanque a la vez, aunque ambos tanques pueden ser conectados a ambas calderas. Según los datos anotados en el cuaderno de registro, se sabe que durante el mes de mayo el promedio de consumo de combustible diario es de 255 galones.

$$255 \text{ gal} * 1 \text{ m}^3 / 264,173 \text{ gal} = 0,9653 \text{ m}^3$$

Sabiendo que la caldera consume $0,9653 \text{ m}^3$ de bunker al día y que la caldera se mantiene en operación durante 14 horas, el combustible por hora queda de la siguiente manera:

$$0,9653 \text{ m}^3 / \text{día} * 1 \text{ día} / 14 \text{ horas} = 0,0689 \text{ m}^3 / \text{hora}$$

El consumo de bunker en galones por hora sería:

$$0,0689 \text{ m}^3 / \text{hora} * 264,173 \text{ gal} / 1 \text{ m}^3 = 18,21 \text{ gal} / \text{hora}$$

La caldera consumo 18,21 galones de bunker por hora y en total 255 galones de bunker por día.

2.7.2. Tratamiento de agua

El agua cruda (H₂O) contiene dos partes de Hidrógeno por una de oxígeno, si el agua fuera únicamente estos elementos mencionados, no se requeriría un tratamiento, pero ésta no existe y varía su impureza. Un tratamiento químico es necesario para el agua que alimentará a la caldera, para evitar problemas como incrustaciones y corrosiones, ya que estos provocan otros problemas como aumento de consumo de combustible, proceso de evaporización de agua sea más lento y la corrosión en la superficie. Entre los principales parámetros involucrados para controlar el agua de alimentación de una caldera, son los siguientes:

- PH: identifica el nivel de agresividad química del agua, ya que representa características ácidas o alcalinas del agua, es necesario controlarlo para evitar problemas de corrosión y depósitos.
- Dureza: la dureza del agua cuantifica la cantidad de iones de calcio y magnesio, una alta dureza causa la formación de depósitos muy duros, sobre las superficies de calentamiento y evaporación, llamados incrustaciones que disminuyen la eficiencia de la caldera y puede provocar roturas de tuberías. Para ello se utilizan suavizadores.

- Oxígeno: es necesario retirarlo por completo, ya que este favorece la corrosión de los componentes metálicos de una caldera. Puede provocar el fenómeno conocido como *pitting*.
- Alcalinidad: este parámetro representa la cantidad de carbonatos, bicarbonatos, hidróxidos y silicatos en el agua. Estos son fuente potencial de depósitos.
- Sílice: puede formar incrustaciones duras o de muy baja conductividad térmica.
- Hierro: el hierro es corrosivo y debe eliminarse; se elimina mediante oxidación, floculación y filtración.
- Sólidos disueltos: el agua para calderas debe ser traslúcida (baja turbidez), por lo tanto debe existir una eficiente remoción de sólidos en suspensión, ya que pueden ocasionar taponamientos en tuberías e incrustaciones en la caldera.

La tabla V muestra los requerimientos que debe de satisfacer el agua de alimentación y el agua de caldera, para evitar los problemas mencionados:

Tabla V. **Requerimientos agua alimentación calderas**

PARÁMETRO	VALOR REQUERIDO
Dureza total	< 2 ppm
Contenido de oxígeno	< 8 ppb
Dióxido de carbono	< 25 mg/l
Contenido total de hierro	< 0,05 mg/l
Contenido total de cobre	< 0,01 mg/l
Alcalinidad total	< 25 ppm
Contenido de aceite	< 1 mg/l
pH a 25 °C	8.5 – 9.5
Condición general	Incoloro, claro y libre de agentes insolubles.

Fuente: Thermal Engineering LTDA. *Tratamiento de agua para calderas*. p. 47.

2.7.3. Cantidad de vapor generado por hora

Para conocer la cantidad de vapor generado por hora, nos basamos en la tabla VI:

Tabla VI. **Capacidad de generación**

Caballo Caldera	Presión de Diseño		Capacidad de Generación
H. P.	PSI.	PSI.	lb/hr.
125	de 150		4312.5.
150	de 150	a 300	5175.
200	de 150	a 300	6900.

Fuente: *Calderas de cuatro pasos CB*. www.cleaver-brooks.com.mx/cb.html. Consulta: junio de 2013.

El vapor generado por hora es de 34,5 lb/hora por cada hp, y como la caldera trabaja a 125 HP, se tiene lo siguiente:

$$34,5 \text{ lb/hora} * 125 \text{ HP} = 4312,5 \text{ lb/hora}$$

2.7.4. Tamaño de la caldera

Las calderas son diseñadas con base en caballos de fuerza, (H.P.) por sus siglas en inglés *horsepower*, más una proporción de sobrecalentamiento sugerida. En este caso, ambas calderas poseen una capacidad de 125 H.P., aunque la capacidad se puede expresar de otras maneras como, BTU/hora, kg de vapor/hora y libras de vapor/hora.

2.7.5. Tipo de mantenimiento

El departamento de mantenimiento del hospital, cuenta con planes de mantenimiento, los planes de mantenimiento preventivo son los siguientes:

- Diario
- Quincenal
- Mensual
- Semestral

El plan de mantenimiento semestral, incluye un mantenimiento correctivo de las calderas. A continuación se describen los planes de mantenimiento que se tienen, estos planes son llevados a cabo por el encargado de calderas, ya que son parte de sus funciones.

Función diaria:

- Limpieza exterior de calderas y cuarto de las mismas.
- Toma de lectura de manómetros y termómetros cada hora: temperatura chimenea, temperatura del combustible, temperatura del agua tanque condensado, presión del combustible, presión de vapor, presión aire al atomizador. Para llevar el control de la caldera durante cada hora de su funcionamiento.
- Revisar nivel de combustible y calcular consumo diario.
- Realizar purgas de fondo dos veces al día de ocho segundos cada llave, puede ser modificada, según lo indique el ingeniero químico encargado de la toma de muestras del agua.
- Tomar muestras de agua del regenerado de la caldera, si hay dureza se regenera con 15 libras de sal por pie cúbico.
- Realizar tareas que le asigne el jefe inmediato, sin descuidar el funcionamiento de la caldera y sus componentes.

A continuación, se presenta el esquema con el cual se lleva el control diario de las calderas.

Figura 20. Esquema de control diario de calderas

HORA		PRESIONES (kg/cm ó PSI)			TEMPERATURAS (°F ó °C)			FONDO	
		VAPOR	AIRE AL ATOMIZADOR	PETROLEO	PETROLEO	AGUA ALIMENTACIÓN	CHIMENEA	Firma	Hora:
4								Firma	Hora:
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									

LOS SIGUIENTES DATOS SE TOMARÁN TODOS LOS DÍAS A LAS 07:00 HORAS

CONSUMO COMBUSTIBLE _____ LECTURA ESTE DIA _____ LECTURA DIA ANTERIOR _____ TOTAL: _____	CONSUMO AGUA _____ LECTURA ESTE DIA _____ LECTURA DIA ANTERIOR _____ TOTAL: _____
--	---

ENCENDIDA POR: _____ RESPONSABLE, FIRMA: _____ NOMBRE: _____

Fuente: Hospital General de Enfermedades, IGSS, zona 9.

Función quincenal:

- Accionar válvulas de seguridad para comprobar que están en buenas condiciones, y que se activarán por alguna sobre presión si fuera necesario.
- Limpieza de quemador: incluye boquilla, electrodo, difusor, foto-celda y turbina de combustión.

- Revisión de acoples, fajas de los motores de las bombas de agua y bunker.
- Limpieza de filtros en las líneas de agua y combustible.
- Hacer retoques de pintura donde sea necesario.
- Preparar *batch* de químico para tratamiento interno del agua dentro de la caldera, aproximado cada 8 días.
- Encender planta de emergencia; 2 veces a la quincena, 15 minutos cada vez.
- Limpieza de trampa de grasa en área de dietética.

Figura 21. **Mantenimiento preventivo del quemador**



Fuente: Hospital General de Enfermedades, IGSS, zona 9.

Función mensual:

- Limpieza general a línea de vapor, agua, gases y todas las tuberías aéreas que están dentro del cuarto de calderas.
- Limpieza general a túnel que de la planta eléctrica llega a lavandería y purgar las líneas de condensado.
- Revisar estoperos de llaves, limpieza de filtros, limpieza de trampas termodinámicas en todas las líneas de vapor de todos los servicios.
- Sacar resumen del consumo de bunker duran el mes.
- Limpieza de cuentas y revisar que tengan sus respectivas rejillas.
- Verificar que no haya derrame de líquidos, tales como aceite, diesel, petróleo, agua ya que pueden provocar caídas con efectos negativos.
- El cuarto de calderas no debe usarse como bodega para desechos de toneles, pedazos de madera, pedazos de tubos, cementos, sillas, mesas, entre otros., en emergencia pueden ser causa de daños para el personal y el equipo.
- Rectificar que los presuretroles de encuentren en buen estado de operación de apagado y encendido de las calderas.
- Rectificar que no haya fuga de gases en las puertas de la caldera.
- Es importante que los manómetros y termómetros estén en buen estado de operación para una lectura segura.

Función semestral:

- Limpieza de boquilla del quemador.
- Revisión y graduación de llama.
- Limpieza de controles eléctricos.
- Revisión de fajas y cambiarlas si fuese necesario.
- Revisión de acoples y cambiarlos si fuese necesario.

- Hacer prueba de apagado por falta de agua.
- Hacer prueba de apagado por falla de llama.
- Accionar válvulas de seguridad.
- Revisar que no existan fugas de agua, vapor y bunker.
- Desmontar todo el conjunto del quemador y limpiarlo.
- Abrir puertas delantera y trasera de la cámara de fuego.
- Limpieza de tubos de fuego.
- Reparación de horno con tejas nuevas o solo cemento refractario.
- Reparación de puertas delantera y trasera con refractario y biblo-mix.
- Cambio de cojinetes a motores.
- Cambio de aceite a tanque del compresor de aire.
- Limpieza de cámara de agua.
- Cambio de empaques, de tortuga y *man-hole*.
- Limpieza de columnas de agua McDonnell & Miller auxiliar y principal; cambio de empaques y *pyrex*.
- Limpieza de tanque de condensado.
- Cambio de empaques y lazos a puertas y horno seco.

El plan de mantenimiento se encuentra establecido, por falta de autorización de recursos y prioridades de las autoridades, no se llevan a cabo conforme está planificado; que no se lleven a cabo, disminuye la eficiencia y provoca problemas en la caldera. Es necesario estudiar, mejorar e implementar estrictamente el programa de mantenimiento.

2.7.6. Controles comunes a toda caldera

Para la evaluación de las calderas, el departamento de mantenimiento cuenta con formatos para realizarlos, con base en ellos, se presenta un nuevo formato, donde se acopla al modelo de las calderas que poseen, así como la separación de las diferentes partes en que se divide la caldera, para visualizar de una mejor manera donde se encuentran los principales puntos de mejora y de mayor necesidad.

Tabla VII. **Controles comunes, caldera 1**

Caldera Núm. 1			
Parte o accesorio	Estado		
	Bueno	Regular	Malo
Motor del ventilador	X		
Arranque del motor del ventilador	X		
Ventilador	X		
Transformador de la ignición	X		
Interruptor de baja alimentación	X		
Placa de identificación	X		
Interruptor manual-automático	X		
Control manual de la llama	x		
Transformador del motor de modulación	x		
Luces Indicadoras	x		
Control programador	x		
Detector de llama	x		
Alarma	x		
Termómetro de chimenea	x		
Interruptor de prueba del aire para combustión	x		
Compuerta de aire rotatoria	x		
Difusor	x		

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Controles comunes, caldera 2**

Caldera Núm. 2			
Parte o accesorio	Estado		
	Bueno	Regular	Malo
Motor del ventilador	x		
Arranque del motor del ventilador	x		
Ventilador	x		
Transformador de la ignición	x		
Interruptor de baja alimentación	x		
Placa de identificación		x	
Interruptor manual-automático	x		
Control manual de la llama	x		
Transformador del motor de modulación	x		
Luces Indicadoras	x		
Control programador	x		
Detector de llama	x		
Alarma			x
Termómetro de chimenea	x		
Interruptor de prueba del aire para combustión	x		
Compuerta de aire rotatoria	x		
Difusor	x		

Fuente: elaboración propia.

2.7.7. **Controles de vapor**

Adecuadas para utilizarse en una variedad de equipos calentados con vapor. Particularmente ideal para automatización de procesos que requieren vapor a una presión estable y procesos que frecuentemente varían el ajuste de presión.

Tabla IX. **Controles de vapor, caldera 1**

Caldera Núm. 1			
Parte o accesorio	Estado		
	Bueno	Regular	Malo
Manómetro presión de vapor	x		
Control de presión máxima de operación	x		
Control de la presión máxima	x		
Control modulador de la presión	x		
Chimenea	x		
Termómetro chimenea	x		
Manifol de distribución de vapor			x
Válvulas de seguridad	X		

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Controles de vapor, caldera 2**

Caldera Núm. 2			
Parte o accesorio	Estado		
	Bueno	Regular	Malo
Manómetro presión de vapor	x		
Control de presión máxima de operación	x		
Control de la presión máxima	x		
Control modulador de la presión	x		
Chimenea	x		
Termómetro chimenea	x		
Manifol de distribución de vapor			x
Válvulas de seguridad	x		

Fuente: elaboración propia.

2.7.8. **Controles de agua**

Para saber si el agua cumple los requisitos establecidos, y si los mantiene en el espacio y el tiempo se necesita realizar unos controles fisicoquímicos y microbiológicos.

Estos controles los realizan los laboratorios de control.

Tabla XI. **Controles de agua, caldera 1**

Caldera Núm. 1			
Parte o accesorio	Estado		
	Bueno	Regular	Malo
Bomba de agua	X		
Tanque de condensados		x	
Termómetro de tanque de condensados		x	
Termómetro del agua dentro de la caldera	X		
McDonnell Miller	X		
Columna de agua	X		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Controles de agua, caldera 2**

Caldera Núm. 2			
Parte y/o accesorio	Estado		
	Bueno	Regular	Malo
Bomba de agua			x
Tanque de condensados		x	
Termómetro de tanque de condensados	x		
Termómetro del agua dentro de la caldera	x		
McDonnell Miller	x		
Columna de agua	x		

Fuente: elaboración propia.

2.7.9. **Controles del sistema de abastecimiento de gas**

La caldera utiliza dos combustibles, el bunker y el gas, el gas es utilizado para encender la caldera, a continuación se presentan los controles del sistema de abastecimiento de gas.

Tabla XIII. **Controles del sistema de abastecimiento de gas, caldera 1**

Caldera Núm. 1			
Parte o accesorio	Estado		
	Bueno	Regular	Malo
Válvula solenoide piloto de gas	x		
Válvula de mariposa	x		
Llave de cierre del piloto de gas	x		
Manómetro presión de gas	x		
Válvula reguladora de presión de gas	x		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Controles del sistema de abastecimiento de gas, caldera 2**

Caldera Núm. 2			
Parte y/o accesorio	Estado		
	Bueno	Regular	Malo
Válvula solenoide piloto de gas	x		
Válvula de mariposa	x		
Llave de cierre del piloto de gas	x		
Manómetro presión de gas		x	
Válvula reguladora de presión de gas	x		

Fuente: elaboración propia.

2.7.10. **Controles sistema de combustible**

Luego de ser encendida la caldera, utiliza bunker como combustible, utilizando los siguientes controles.

Tabla XV. **Controles sistema de combustible, caldera 1**

Caldera Núm. 1			
Parte o accesorio	Estado		
	Bueno	Regular	Malo
Colador de combustible	x		
Serpentín del precalentador de combustible	x		
Trampa de vapor		x	
Termostato de calentador de vapor	x		
Válvula de retención del calentador de vapor		x	
Regulador de presión del calentador	x		
Manómetro de la presión del combustible	x		
Bomba de aire	x		
Filtro de aire	x		
Válvula de contrapresión	x		
Tanque receptor de aire-aceite	x		
Regulador de la presión del combustible	x		
Termómetro del combustible	x		
Manómetro presión del combustible devuelto	x		
Válvula solenoide del combustible	x		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Controles sistema de combustible, caldera 2**

Caldera Núm. 2			
Parte o accesorio	Estado		
	Bueno	Regular	Malo
Colador de combustible	x		
Serpentín del precalentador de combustible	X		
Trampa de vapor		x	
Termostato de calentador de vapor	X		
Válvula de retención del calentador de vapor			x
Regulador de presión del calentador	X		
Manómetro de la presión del combustible			x
Bomba de aire	X		
Filtro de aire	X		
Válvula de contrapresión	X		
Tanque receptor de aire-aceite	X		
Regulador de la presión del combustible	X		
Termómetro del combustible	X		
Manómetro presión del combustible devuelto	X		
Válvula solenoide del combustible	X		

Fuente: elaboración propia.

2.7.11. Controles del conjunto del quemador

Para que se dé una combustión correcta, es necesario revisar los siguientes controles del quemador.

Tabla XVII. **Controles del conjunto del quemador, caldera 1**

Caldera Núm. 1			
Parte o accesorio	Estado		
	Bueno	Regular	Malo
Difusor	x		
Damper	x		
Interruptor gas-aceite	x		
Línea flexible del aire para atomización	x		
Línea flexible de combustible	x		
Fotocelda	x		
Cuerpo del quemador	x		
Tirador de combustible	x		
Transformador para la ignición	x		
Electrodo de ignición	x		
Inyector	x		
Boquilla del inyector	x		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Controles del conjunto del quemador, caldera 2**

Caldera Núm. 2			
Parte o accesorio	Estado		
	Bueno	Regular	Malo
Difusor	X		
Damper	X		
Interruptor gas-aceite	X		
Línea flexible del aire para atomización	X		
Línea flexible de combustible	X		
Fotocelda		x	
Cuerpo del quemador		x	
Tirador de combustible	X		
Transformador para la ignición	X		
Electrodo de ignición		x	
Inyector	X		
Boquilla del inyector	X		

Fuente: elaboración propia.

2.7.12. Controles de la leva moduladora del aceite

El aceite es fundamental en el funcionamiento de la caldera, se presentan los controles de la leva moduladora del aceite.

Tabla XIX. **Controles de la leva moduladora del aceite, caldera 1**

Caldera Núm. 1			
Parte o accesorio	Estado		
	Bueno	Regular	Malo
Leva moduladora de combustible	x		
Tornillos de ajuste de la leva	x		
Resorte del perfil de la leva	x		
Válvula medidora de aceite	x		
Collarín	x		
Seguidor de la leva	x		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Controles de la leva moduladora del aceite, caldera 2**

Caldera Núm. 2			
Parte o accesorio	Estado		
	Bueno	Regular	Malo
Leva moduladora de combustible	x		
Tornillos de ajuste de la leva	x		
Resorte del perfil de la leva	x		
Válvula medidora de aceite	x		
Collarín	x		
Seguidor de la leva	x		

Fuente: elaboración propia.

2.7.13. Puerta trasera

Las fugas de la caldera deben evitarse por completo, esto se logra revisando constantemente cada una de las partes de la puerta trasera.

Tabla XXI. **Puerta trasera, caldera 1**

Caldera Núm. 1			
Parte o accesorio	Estado		
	Bueno	Regular	Malo
Reborde de la puerta trasera	x		
Agujeros para los pernos	x		
Mezcla V-Block (aislante de la parte superior)	x		
Tejas de deflector (ladrillos)	x		
Refractario moldeable (concreto)	x		
Tubo de mira	x		
Línea de aire al tubo de mira	x		
Empaquetadura		x	
Pernos de seguridad de la puerta	x		
Cemento insulación		x	
Empaque Baffle		x	
Cabezal de tubos (espejo)	x		
Remaches de le empaquetadura	x		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Puerta trasera, caldera 2**

Caldera Núm. 2			
Parte o accesorio	Estado		
	Bueno	Regular	Malo
Reborde de la puerta trasera	X		
Agujeros para los pernos	X		
Mezcla V-Block (aislante de la parte superior)		x	
Tejas de deflector (ladrillos)		x	
Refractario moldeable (concreto)	X		
Tubo de mira		x	
Línea de aire al tubo de mira	X		
Empaquetadura		x	
Pernos de seguridad de la puerta	X		
Cemento insulación	X		
Empaque Baffle		x	
Cabezal de tubos (espejo)	X		
Remaches de le empaquetadura	X		

Fuente: elaboración propia.

2.7.14. Puerta delantera

Al igual que con la puerta trasera, deben de revisarse cada una de las partes de la puerta delantera.

Tabla XXIII. Puerta delantera caldera 1

Caldera Núm. 1			
Parte o accesorio	Estado		
	Bueno	Regular	Malo
Agujeros para gas	x		
Cabezal delantero (espejo)	x		
Empaquetadura para la cubierta del quemador	x		
Empaquetadura del cabezal	x		
Tejas refractarias del hogar	x		
Cubierta del quemador	x		
Tejas deflectoras de la garganta	x		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. Puerta delantera caldera 2

Caldera Núm. 2			
Parte o accesorio	Estado		
	Bueno	Regular	Malo
Agujeros para gas	x		
Cabezal delantero (espejo)	x		
Empaquetadura para la cubierta del quemador		x	
Empaquetadura del cabezal		x	
Tejas refractarias del hogar		x	
Cubierta del quemador	x		
Tejas deflectoras de la garganta		x	

Fuente: elaboración propia.

3. PROPUESTA DE MEJORA

3.1. Cuarto de calderas

El cuarto de calderas, es el área donde se encuentran instalados los equipos, a continuación se analizan las condiciones que deben de cumplirse.

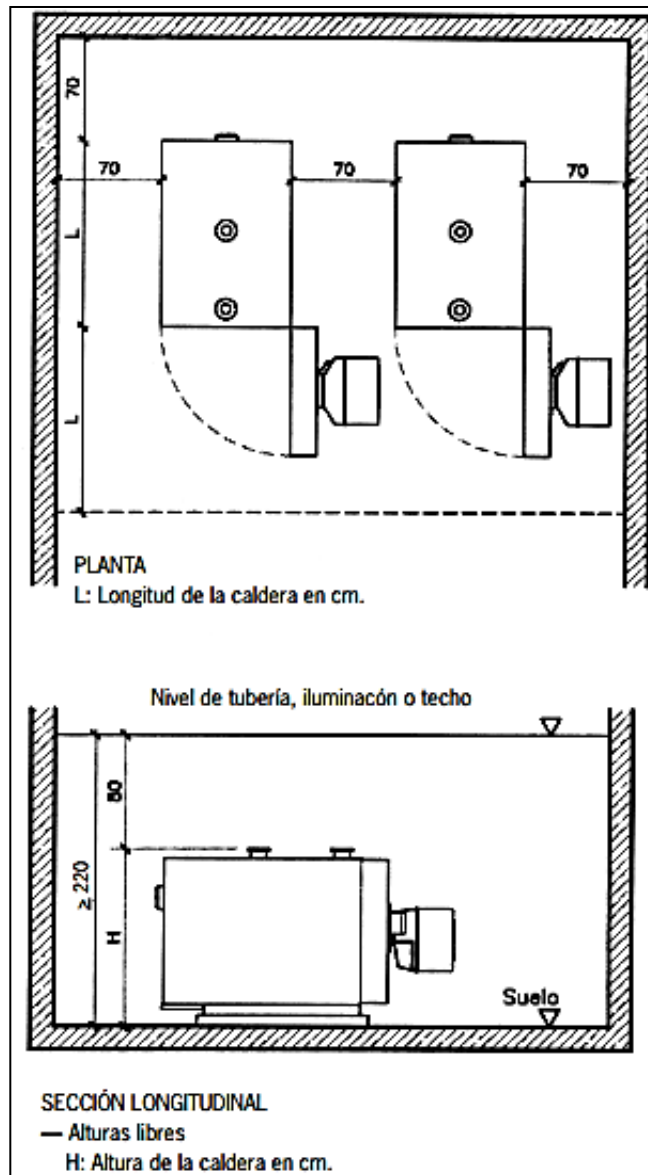
3.1.1. Accesos

El acceso al cuarto de calderas debe tener como mínimo un número de entradas necesarias para que ningún punto dentro del cuarto diste más de 15 m. Las puertas de las entradas deben abrirse hacia afuera, las dimensiones de al menos uno de los accesos deberán permitir el paso de todos los equipos o elementos que en ella deban ser instalados, nunca inferiores a 0,8 m de ancho y 2 m de alto. Dado esto, se debe de realizar lo siguiente:

- Agregar otro acceso al cuarto de calderas, ya que con una entrada no se cumple con que cualquier punto diste no más de 15 m., la nueva entrada debe estar siempre en el frente, a una distancia de 11 m. de la entrada existente.
- Corregir la entrada existente, para que la puerta se abra hacia afuera.

A continuación, se presentan las dimensiones que se necesitan, tanto de planta como de la sección longitudinal de una manera más específica:

Figura 22. Distancias en cuartos de calderas, según Norma UNE 100.020/89



Fuente: GARCÍA, Ricardo. *Salas de calderas*. p. 4.

De acuerdo a lo anterior, se demuestra que en cuanto a dimensiones, la instalación cumple con la normativa.

3.1.2. Iluminación

Para el cuarto de calderas el nivel de iluminación mínimo debe de ser de 200 lx, con uniformidad superior a 0,5. Según el diagnóstico, no se cumple con esta norma; para cumplirla se realizará lo siguiente:

2,500 lúmenes por lámpara

$10 \times 2,500 = 25,000$ lúmenes

Área = frente X profundidad = 12 m X 9 m = 108 m²

$lx = \text{lúmenes}/\text{área} = 25,000/108 = 231,48 \text{ lx} = 231 \text{ lx}$

El cuarto de calderas cuenta con 5 balastos, es decir, con disponibilidad para 10 lámparas, de las cuales 6 se encuentran funcionando, por lo que se propone la reparación de los balastos y colocación de las 4 lámparas faltantes, basados en los cálculos anteriores, se tendrían 231 lx, pasando el mínimo de 200 lx requerido.

3.1.3. Tuberías

Las tuberías son muy importantes, ya que mantienen presión y temperatura; para ello se deben de tomar consideraciones para escoger el diámetro adecuado, el material y el color que debe de tener de acuerdo al fluido. A continuación se presentan los colores con los cuales debe de ir cada sistema de tuberías.

Figura 23. **Colores para señalización de tuberías**

ÁCIDOS Naranja RAL 2000		VACIO Gris RAL 7002	
GASES Amarillo RAL 1012		ACEITES Marrón RAL 8001	
VAPOR Rojo RAL 3003		AGUA Verde RAL 6010	
ALCALIS Violeta RAL 4001		AIRE Azul RAL 5009	

Fuente: *VTP Pinturas*. www.wordpress.vtppinturas.es/cartas-de-colores. Consulta: junio de 2013.

De acuerdo a lo anterior, se tiene que las tuberías de vapor y gas, tienen los colores correctos; mientras que para el agua y el bunker, colores incorrectos, ya que deberían de estar pintados de color verde y marrón respectivamente. Por lo que se propone pintar la tubería del color correspondiente, así como la que ya tiene el color correcto. Respecto al material y al diámetro, se cumple con la normativa.

3.1.4. Seguridad e higiene

Debido al peligro que se puede tener por un mal uso de los equipos y condiciones inadecuadas del cuarto de calderas, es muy importante toma en cuenta cada uno de los puntos siguientes.

3.1.4.1. Limpieza general

Las salas de calderas estarán destinadas, exclusivamente, a contener las calderas, equipos auxiliares y accesorios de la instalación; y no para otros fines, como bodega, ni para otros trabajos ajenos a la instalación. Además debe de poseer todo el equipo de seguridad necesario para trabajar dentro del cuarto de calderas, señalización de seguridad, entre otros que garanticen la seguridad de los técnicos y personas que laboren en el mismo.

Durante el diagnóstico se menciona que prácticamente el cuarto de calderas, también es utilizado como una bodega, por lo que se iniciaría con la limpieza y orden del cuarto de calderas. Seguido por la implementación de la señalización y ducha de seguridad, posteriormente el equipo y vestimenta adecuada para trabajar en un cuarto de calderas.

Finalmente, se busca cumplir con el Reglamento General sobre Higiene y Seguridad en el Trabajo del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, específicamente en el Título II, Capítulo II; específico para calderas.

3.1.4.2. Señalización

- Señales de prohibición: prohíben comportamientos que puedan provocar peligro. Son de forma redonda, un pictograma negro, fondo blanco, bordes y banda rojos.
- Señales de obligación: obligan a un comportamiento. Son de forma redonda, pictograma blanco y fondo azul.

- Señales de advertencia: advierten un peligro o riesgo. Son de forma triangular, pictograma negro, fondo amarillo y borde negro.
- Señales de equipo contra incendios: indica la presencia de un equipo para utilizar durante un incendio. Son de forma cuadrada o rectangular, pictograma blanco y fondo rojo.
- Señales de salvamiento: indican la salida de emergencia en caso de peligro. Son de forma cuadrada o rectangular, pictograma blanco y fondo verde.

3.1.4.3. Equipo de seguridad

El equipo de seguridad necesario mínimo para poder laborar dentro del cuarto de calderas, es el siguiente:

- Botas industriales
- Protectores auditivos
- Reflectivo
- Anteojos
- Guantes

Según se realice un trabajo específico, ya sea un mantenimiento, tratamiento de agua, entre otros; se pueden agregar otros implementos de seguridad.

3.2. Consumo de combustible

El control del consumo del combustible, es muy importante para detectar fallas que puedan tener las calderas, o bien fugas que puedan existir.

3.2.1. Causas del consumo alto de combustible

- Combustible inapropiado para el quemador y caldera
- Mal funcionamiento del quemador
- Combustión incompleta
- Proporciones incorrectas de combustible o aire
- Chispa generada por piloto de gas, inestable
- Presión y temperatura de combustible incorrecta
- Incorrecto funcionamiento del soplador centrífugo
- Válvula medidora de flujo de combustible, en mal estado
- Mala suministración de aire primario filtrado para atomización
- Presión incorrecta de aire atomizador
- Mala suministración de aire secundario
- Mal funcionamiento de ventilador de tiro forzado
- Mal mantenimiento de equipo

3.2.2. Pasos para el inicio correcto de la combustión

- Revisión de cada uno de los accesorios que forman parte de la línea de alimentación de combustible, verificando su correcto estado y funcionamiento.
- Medición del nivel de tanque principal, verificando que contenga la cantidad necesaria de bunker para las horas planificadas en que trabajará la caldera.

- Encendido de bombas de alimentación de tanque principal a tanque de diario, para que el combustible tenga la viscosidad correcta para entrar al quemador.
- Verificar correcto funcionamiento de calentador eléctrico, al observar que se eleve la temperatura y controlando la presión.
- Por el tipo de quemador, la llama se enciende con la chispa y gas.
- Automáticamente al tener la llama encendida y el bunker a una temperatura y presión idónea, se realiza el cambio de combustible.

3.3. Mantenimiento

El mantenimiento de los equipos mecánicos son muy importante, ya que dentro de sus principales objetivos es obtener el correcto funcionamiento del equipo, alargando su vida útil y la disminución de costos. Por lo que se debe de llevar un plan de mantenimiento estricto para las calderas.

3.3.1. Rutinas de mantenimiento

Comprendida la importancia del mantenimiento para las calderas, se determinan rutinas de mantenimiento preventivo, semanales, mensuales, trimestrales, semestrales y anuales; teniendo incluso actividades que deben de realizarse a diario, cada 2 o 3 días, entre otros.

Como parte de la implementación de la mejora continua, el mantenimiento preventivo es necesario, así como la atención inmediata de acciones correctivas que se den durante el funcionamiento de los equipos, durante el capítulo 5, se amplían las rutinas de mantenimiento mencionadas.

3.4. Controles comunes

Por controles comunes de la caldera, se entiende a todos aquellos accesorios que no pertenecen directamente a los diferentes sistemas que posee la caldera, pero que son importantes y que debe de evaluarse su estado y correcto funcionamiento.

Entre los controles comunes que se evaluaron, se tiene: el ventilador y sus partes, el transformador de ignición, control programador, interruptores, alarmas, termómetros, luces, controles manuales, entre otros.

Durante el paro semestral de los equipos, debe de revisarse el correcto funcionamiento de cada uno, en la caldera 1 se encuentran funcionando correctamente, mientras que en la caldera 2, deben de repararse las alarmas, puesto que son muy importantes para la seguridad industrial, tanto del lugar como del operario y la placa de identificación, que ya no es visible.

3.5. Controles de vapor

Otro indicador del correcto funcionamiento de la caldera, es la calidad del vapor que se está produciendo, por lo que es importante el análisis de las partes que controlan el vapor.

3.5.1. Controles de presión de vapor

El control de la presión de vapor, se lleva a cabo durante toda la operación de la caldera, ya que es un factor importante para la calidad del vapor que se está produciendo en la caldera. Por lo que se lleva un control diario, y a cada hora, de la presión que se tenga de vapor.

Para el control de presión de vapor de la caldera, se lleva la lectura del manómetro, cada hora durante la operación diaria. Revisar y realizar mantenimiento del manómetro, semestralmente. Las calderas, están programada para trabajar entre 70 a 100 psi.

3.5.2. Chimenea

La chimenea es el conducto con el cual se evacúan los productos provocados por la combustión que se da dentro de la caldera y los dirige hacia la atmósfera. Los productos de la combustión, llevan una temperatura, la cual al ser muy alta, indica que se está disminuyendo la eficiencia de la caldera, por lo que es necesario tener el dato de la temperatura de la chimenea, durante cada hora del funcionamiento de la caldera.

La lectura del termómetro de los gases que salen por la chimenea, está relacionada directamente con la eficiencia de la caldera, por lo que la lectura correcta y el funcionamiento idóneo, es indispensable para el buen control de la caldera.

Anualmente debe de revisarse el estado del recubrimiento y la pintura, ya que está hecha de acero, debe de evitarse la corrosión que puede ser producida por el aire. Dentro de la chimenea, se acumula una suciedad denominada, hollín, esta debe ser retirada anualmente, con la limpieza lo más profundo que se pueda en la parte interior de la chimenea.

Figura 24. **Chimenea caldera 1**



Fuente: Hospital General de Enfermedades, IGSS, zona 9.

3.5.3. Maniful de vapor

El maniful de distribución de vapor, se encarga de la distribución del vapor producido por las calderas, formado por válvulas que permiten que el vapor llegue a las áreas que lo estén demandando. Normalmente en el cuarto de calderas, se tiene un maniful de distribución de vapor, conectado a ambas calderas. En la siguiente figura, se puede observar el estado del mismo:

Figura 25. **Manifol de distribución de vapor**



Fuente: Hospital General de Enfermedades, IGSS, zona 9.

Se puede observar, que el manifold de distribución de vapor, se encuentra muy dañado y descuidado, presentando mucha corrosión y daños en la estructura protectora, además de fugas de vapor. Por lo que es necesario corregir los daños mencionados, iniciando por la limpieza, eliminación de corrosión y posteriormente de fugas; cambio de estructura protectora y cubrirlo con pintura especial, resistente a las altas temperaturas y a la corrosión. Por último, es necesario revisar el estado de las válvulas de paso.

3.6. Sistema de alimentación de agua

La calidad del agua, aporta vida útil a la caldera y cada una de sus partes, por lo que es muy importante la forma y la calidad de agua que ingresa.

3.6.1. Tanque de condensado

El tanque de condensado de la caldera 2, se encuentra en mal estado y fuera de funcionamiento, debido a que para que pueda trabajar es necesario reparar la bomba de dicho tanque. Por lo que, actualmente se utilizó el tanque de condensado de la caldera 1, trabajando con la caldera 2. Se tiene la ventaja, que en la conexión realizada de la tubería, se ambos tanques pueden trabajar con ambas calderas.

El estado del tanque de condensado en funcionamiento, no es el idóneo, funciona pero no con el mejor rendimiento; es necesaria la limpieza del tanque, reparaciones de fugas y revisión de cada uno de los accesorios, cambiar el termómetro, que no está funcionando correctamente. Limpiar y ordenar el área del tanque, quitando objetos y materiales no correspondientes, se puede observar en la figura 9. Aplicar un buen mantenimiento y pintura en el exterior.

El mantenimiento debe de realizarse semestralmente, dado que el tanque de condensado de la caldera 1, junto con su bomba, han trabajado con la caldera 2, deberá de hacerse un mantenimiento rápido y correcto, porque es necesario que inicie a trabajar con la caldera 1, por lo que durante el tiempo de mantenimiento semestral a la caldera 2, debe de repararse el tanque de condensado junto con la bomba.

El tanque de condensado, aparte de la bomba, trabaja con otros accesorios, que son necesarios para el buen funcionamiento del mismo, los cuales deben de llevar también su respectivo mantenimiento:

- Filtro válvula de entrada de agua al tanque: a pesar del tratamiento de agua que se le da, previo al ingreso a la caldera, se utilizan filtros de

agua, previo al ingreso al tanque de condensado. El mantenimiento debe de realizarse cada 6 meses, debido al trabajo continuo que ha tenido, este no se ha realizado y puede afectar en la calidad del agua de ingreso al tanque. Semestralmente, debe de removerse toda la suciedad que ha acumulado el filtro, utilizando agua a presión. A su vez, aplicar una capa de sellado y cambiar el empaque, para evitar fugas.

- Filtro de descarga a bomba de alimentación: posterior al paso del agua por el tanque de condensado, nuevamente pasa por un último filtro, previo al llegar a la bomba de alimentación que ya dirige el agua hacia la caldera. Por lo que es muy importante su buen funcionamiento, siendo este el último filtro del agua de alimentación de la caldera. Semestralmente debe de realizarse mantenimiento al filtro, igual que el filtro de entrada de agua al tanque de condensado; consiste en el mismo mantenimiento para ambos, la limpieza de la malla metálica con agua de presión y asegurar los filtros, evitando las fugas.

La limpieza del tanque es parte del mantenimiento que debe de dársele semestralmente, tanto externa como interna y de los accesorios. La limpieza externa es básicamente con la pintura que debe de aplicarse. Los accesorios, es necesario revisarlos, cambio del empaque del flotador y el cambio del termómetro, accesorios que ya no están en buen estado.

La limpieza interior elimina impurezas y óxido dentro del tanque, utilizando para ello agua a presión y un cepillo de alambre. Se debe tener precaución en el mantenimiento y limpieza del tanque de condensado, cerrando el paso, tanto del agua, como del condensado para evitar accidentes.

3.6.2. Bomba de alimentación de agua

La bomba de alimentación de agua, es la encargada de llevar el agua del tanque de condensado al interior de la caldera, esta debe de ser accionada automáticamente de acuerdo al nivel del agua en el interior de la misma, manteniendo el nivel idóneo. La bomba de alimentación del tanque de condensado 2, se encuentra fuera de uso, debe de ser revisada por un especialista, actualmente se utiliza la bomba del tanque de condensado 1. Para el correcto funcionamiento de la bomba, es necesario realizar las siguientes revisiones:

- **Cebado:** bomba centrífuga de alimentación de agua, facilita el funcionamiento correcto de la misma, y la prepara para su uso. El proceso de cebado, consiste en llenar de agua la bomba y se escape todo el aire, para arrancarla correctamente. Realizar esta operación, cada vez que se inicie el trabajo con la bomba.
- **Lubricación cojinetes:** es utilizada para evitar un mayor desgaste entre las piezas metálicas que tienen un rozamiento, los cojinetes son piezas utilizada para este rozamiento. Además, de disminuir el desgaste, disminuye la temperatura. Realizar la lubricación cada 3 meses o cuando sea necesaria.
- **Alineación:** toda bomba debe estar alineada, para evitar un bajo rendimiento o el desgaste prematuro de piezas del motor o la bomba. Para la alineación de la bomba de alimentación de agua, se debe mantener un alineamiento preciso entre las flechas de la bomba y el impulsor. Para verificar una alineación correcta, el rotor de la bomba y el

impulsor deben de girar libremente. Realizar la alineación semestralmente o cuando sea necesario.

- Impulsor es la parte principal de la bomba, ya que es la parte que recibe el líquido y le imparte la fuerza y velocidad. Por lo que es necesario un correcto mantenimiento anual al impulsor, para ello es necesario limpiar y revisar el interior de la bomba, así como el estado de la turbina, cojinetes y *bushing*, de ser necesario, realizar el cambio de las piezas.

Figura 26. **Bomba de alimentación de agua de la caldera 2**



Fuente: Hospital General de Enfermedades, IGSS, zona 9.

3.6.3. **Cámara de agua**

La cámara de agua, se refiere al espacio que el agua ocupa dentro de la caldera, determinando así la capacidad, la cual debe de mantener un nivel idóneo para el correcto funcionamiento de la caldera, por lo que es muy importante la correcta alimentación de la cámara de agua.

Ambas calderas son de tipo pirotubulares, es decir, el agua se encuentra fuera de los tubos, siendo esta nuestra cámara de agua, el correcto estado y mantenimiento de la misma es un factor importante para la calidad del vapor, así como para la calidad del vapor a generar y la eficiencia de la caldera.

La limpieza de la cámara de agua tiene como objetivo, eliminar todos los sólidos, incrustaciones, sedimentos, lodos y otras partículas que se contenga; ya que todo esto, se acumula en la superficie de los tubos y disminuye la eficiencia en la transmisión del calor, debido a que todos estos sólidos funcionan como aislantes.

La eliminación de los sólidos se logra con ayuda de una manguera y agua a alta presión, haciendo que todo estos sólidos, descendan al domo de lodos y posteriormente puedan ser eliminados por medio de la purga. Esta limpieza debe de realizarse bimestralmente, iniciando por quitar las tortugas para trabajar con el agua a alta presión, además de colocarles empaques nuevos a dichas tortugas verificando que queden centradas y se eviten fugas.

Hay que ir a la raíz del problema, estos sólidos no se pueden evitar, pero si pueden disminuirse; para ellos es necesario implementar correctamente un tratamiento de aguas, específicamente aplicarlo en los tiempos correctos, ya que esta es la principal deficiencia de dicho tratamiento.

3.6.4. Controles

- Tubo de nivel: es la parte del control del nivel de agua, que puede ser observada por el operario, en la que se puede verificar el nivel del agua fácilmente. O determinar si se encuentra en el nivel correcto. Diariamente debe de revisarse que no existan fugas, de ser así, revisar las tuercas del

tubo y si persiste el problema, es necesario un cambio de empaques; a la vez, revisar que la fuga no sea por rajadura del tubo, de ser así, cambiarlo inmediatamente. El control del nivel de agua, trabaja correctamente, aunque, debido al tiempo de uso está sucio, el cual debe de limpiarse mensualmente, para una correcta visualización del nivel del agua, esta limpieza debe de ser tanto interna como externa con una lija fina.

Figura 27. **Control nivel de agua, caldera 1**



Fuente: Hospital General de Enfermedades, IGSS, zona 9.

- Flotador: se encuentra dentro del control del nivel de agua, que como su nombre lo indica, flota y por medio de un mecanismo interno, refleja el nivel del agua en el tubo de nivel, para que pueda ser observado por el operario. Revisar semestralmente, que el flotador no tenga picaduras, de ser así, debe de cambiarse.

- Diafragma de flotador: contiene dentro al flotador, por lo que al realizar la revisión de picaduras, limpieza y mantenimiento semestral, debe de realizarse conjuntamente con el flotador, cambiar las piezas que contengan picaduras.
- Columna de McDonnell: es el dispositivo, encargado de conectar y desconectar la bomba de alimentación de agua, de acuerdo al nivel marcado por el control del nivel de agua dentro de la caldera. Si el control de nivel de agua, no funciona correctamente, es decir, no coincide con el verdadero nivel de agua dentro de la caldera, puede provocar y mandar señales erróneas, causando un bajo o alto nivel del agua que pone en peligro la operación de la caldera. Semestralmente debe desmontarse, y realizar la limpieza interna del cuerpo de McDonnell, eliminando sarro y otras suciedades que pueden provocar que el flotador se quede trabado y por consiguiente el mal funcionamiento del controlador de nivel y se envíen señales equivocadas de nivel de agua a la bomba.

3.7. Conjunto del quemador

La correcta combustión en la caldera, es necesaria para el ahorro en costos y calidad del vapor que se produce.

3.7.1. Boquillas

La boquilla es un dispositivo que forma parte del quemador, y está colocado en el extremo que penetra dentro de la cámara de combustión, por lo que el dispositivo es sometido a condiciones especiales, como gases corrosivos, temperaturas altas, entre otros. Su trabajo, consiste en realizar la

atomización del combustible correctamente, también son conocidas como, toberas de atomización.

La boquilla recibe un mantenimiento mensual, limpiando filtro, la pieza giratoria y el orificio de salida. Por lo que se encuentra funcionando correctamente, durante el mantenimiento semestral evaluar las condiciones para un posible cambio o poder continuar con la misma boquilla.

3.7.2. Electroodos de ignición y aislantes

Los electroodos de ignición son fundamentales para la combustión, ya que al efectuar la ignición en ellos, se genera la chispa eléctrica que forma un arco eléctrico, con la cual se da inicio a la quema del combustible y a una correcta combustión; si la chispa no se genera, no se puede encender la caldera.

Los electroodos de ignición deben de estar siempre en buen estado, para que se genere la chipa de encendido, mensualmente debe de realizarse la revisión y mantenimiento de los mismos, deben de ser limpiados cuidadosamente con una lija fina.

Figura 28. **Transformado de ignición, caldera 2**



Fuente: Hospital General de Enfermedades, IGSS, zona 9.

El electrodo, posee un aislante cerámico que le ofrece una resistencia óptima, gracias a este aislante, se evita la acumulación de hollín y de microgotas de condensación que dificulta el encendido de la caldera durante la mañana. Por lo que al realizar el cambio del electrodo, se tendrá en óptimas condiciones el aislante cerámico. Realizar trimestralmente la revisión del aislante, que no cuente con rajaduras que dificultan la generación de la chispa.

3.7.3. Combustión

La correcta combustión está estrechamente relacionado con la eficiencia de la caldera y con el consumo correcto de combustible, por lo que tiene afecta directamente los costos de funcionamiento de la caldera. Para verificar si existe una correcta combustión, se utiliza el termómetro de la chimenea, que debe de estar entre 175 y 250 °C, por lo que la caldera uno tiene una buena combustión, ya que ha trabajado a una temperatura dentro de los límites mencionados.

Por la combustión, se acumulan depósito de hollín, lo que disminuye la eficiencia de la caldera, por lo que bimensualmente debe de limpiarse las acumulaciones de hollín en la chimenea, así como la limpieza quincenal de la cámara de combustión eliminando todos los residuos que no tuvieron una correcta combustión.

3.7.4. Fotocelda

Para que la caldera esté funcionando correctamente, debe de existir siempre una combustión, la foto-celda se utiliza para detectar la presencia de llama, en el caso que esta no existiera, corta el combustible y apaga la caldera.

La foto-celda de la caldera uno, ya ha sido probada de su correcto funcionamiento, las pruebas se realizan, encendiendo la caldera y desmontando la foto-celda, si la caldera se apaga, la foto-celda funciona correctamente, de lo contrario, cambiar la fotocelda, realizarlo mensualmente durante el funcionamiento de la caldera, junto con la limpieza mensual que debe de realizarse con un trapo completamente seco.

La foto-celda de la caldera dos, no funciona correctamente, mediante pruebas, se identificó que no apaga la caldera en la ausencia de llama, ni evita el paso del combustible. Es fundamental el cambio inmediato de la foto-celda, ya que ocasionaría problemas a la caldera y pérdida de combustible, además de los daños causados. Durante el funcionamiento de la caldera, realizar pruebas de foto-celda mensualmente, así como el mantenimiento y limpieza de la pieza. En la siguiente figura, se presenta el quemador de la caldera 2, en funcionamiento, donde se puede observar en la puerta delantera, el quemador, la llama y el manómetro de presión del aire al atomizador.

Figura 29. **Quemador en funcionamiento, caldera 2**



Fuente: Hospital General de Enfermedades, IGSS, zona 9.

3.7.5. Controles

Junto con el quemador, funcionan varios accesorios y controles, que en conjunto logran la correcta combustión que se debe de dar dentro de la cámara de combustión del quemador. Entre los cuales podemos mencionar, el difusor, interruptores, líneas flexibles de combustible y de aire, cuerpo del quemador, transformador de ignición y sus elementos, entre otros.

El correcto funcionamiento de todos estos controles, es factor importante en la correcta combustión, que posteriormente se refleja en eficiencia de la caldera y en costos. Se determina que deben de revisarse estrictamente cada seis meses, verificando si es necesario el cambio, aunque se realizan inspecciones de su funcionamiento periódicas. Se determina que en el quemador de la caldera 2, debe de repararse el cuerpo del quemador y realizar el cambio de la foto-celda y de los electrodos de ignición.

3.7.6. Cámara de combustión

La cámara de combustión es la parte principal del quemador, es el lugar donde se da la combustión, es decir, la fuente de energía que genera calor que se transfiere finalmente al agua dentro de la caldera para convertirlo en vapor.

Para que exista una correcta combustión, se han mencionado varios factores y sistemas que alimentan finalmente la chispa, el gas, el bunker y el aire. Por lo que es necesario revisar cada uno de estos sistemas para que no existan problemas en la cámara de combustión, y se aproveche con la mayor eficiencia el combustible, evitando acumulación de sólidos dentro de la cámara que disminuye la eficiencia.

3.7.7. Controles de la leva moduladora de aceite

La función de la leva moduladora de aceite, es permitir el paso correcto del aceite o combustible, siempre y cuando este tenga las condiciones apropiadas dentro de la cámara de combustión, así como las propiedades correctas del combustible, como la temperatura y la presión.

Los controles de la leva moduladora, son muy pocos, pero deben de tener una correcta exactitud, para que se tenga la cantidad y calidad de combustible ideal. Los controles o accesorios que forman la leva moduladora son: leva, tornillos, resortes, collarín, válvula medidora y seguidor de la leva. En ambas calderas se tiene estricto cuidado con esta sección, en ambas funciona correctamente, por lo que únicamente es necesaria la inspección semestral y el cambio de algún accesorio si fuese necesario.

3.8. Cuerpo de la caldera

El estado de la caldera, no solo se define por los sistemas internos que la componen, sino también por el correcto estado externo de la misma, evitando fugas y corrosión.

3.8.1. Reparación de fugas en tubos

En la caldera 1 no se tienen fugas, durante el tiempo de preparación se verificó lo mismo; esta verificación es necesaria cuando existe presencia de manchas de óxido, esto representa un indicio de fugas en las bocas de los tubos. Por medio de pruebas específicas y un equipo especial, se realizó la verificación de las fugas y no fue necesario realizar reparaciones. Dichas pruebas deben de realizarse cada vez que existan manchas de óxido y dentro del mantenimiento que debe de hacerse cada 6 meses.

Los tubos de la caldera 2, presentan indicios de fugas en las bocas de los tubos, ya que existe presencia de manchas de óxido. Al finalizar la operación, debe de someterse a pruebas de verificación de fugas, si existieran, realizar reparaciones, y aplicar el mantenimiento preventivo semestral.

3.8.2. Empaques

Las calderas trabajan cada 6 meses, y posteriormente se le realiza el mantenimiento necesario; se realiza la limpieza de la caldera y esta debe abrirse, es necesario cambiar cada uno de los empaques, esto dentro del mantenimiento que debe de llevar la caldera.

3.8.3. Pernos y tuercas

Luego del trabajo que se realiza semestralmente en la caldera, donde la misma se abre, es necesario cerrar la misma. Al cerrarla, deben aplicar grafito u otro agente protector, ya que se mantienen a altas temperaturas, esto puede provocar que se sellen, se evita con la aplicación del agente protector, tanto en la puerta delantera, como en la trasera.

3.8.4. Puerta trasera

El buen estado de las puertas es fundamental para el buen funcionamiento de la caldera, ya que estas son las que sellan la caldera, evitando el contacto con el exterior, lo que permite mantener las altas temperaturas y presiones dentro de la misma. Es por ello que semestralmente debe de realizarse una inspección minuciosa de su estado, si apareciese alguna fuga durante su operación, corregirla de inmediatamente.

En la puerta trasera de la caldera 1, debe repararse la empaquetadura, el empaque baffle y el mal estado del cemento insulación. Mientras que en la puerta trasera de la caldera 2, debe de repararse el aislante superior, las tejas de deflector, el tubo de mira, la empaquetadura y el empaque baffle. Siempre revisar las demás partes de la puerta trasera, los agujeros de los pernos, los pernos de seguridad, los remaches, toda la empaquetadura. Revisar el material refractario en las puertas.

La característica principal de un material refractario es la de mantener su resistencia y estructura a altas temperaturas. Debido a las altas temperaturas que se manejan en la caldera, se deben tomar en cuenta los siguientes

aspectos para escoger el material refractario ideal: Ataques químicos, abrasión y erosión, choques térmicos, tipo de combustible, entre otros.

En las calderas deben usarse cemento refractario, que son mezclas de chamota refractaria y cemento aluminoso. Se debe de revisar las puertas, tanto la delantera como trasera, y verificar que se encuentren en buen estado y no presente grietas, es necesaria esta revisión por lo menos cada 6 meses.

Figura 30. **Puerta trasera, caldera 1**



Fuente: Hospital General de Enfermedades, IGSS, zona 9.

3.8.5. Puerta delantera

Igual que la puerta trasera, la puerta delantera tiene como objetivo sellar por la parte de enfrente la caldera, por lo que deben de tomarse las mismas precauciones, revisiones y mantenimientos, que a la puerta trasera. Evitando totalmente las fugas, y corregirlas al percatarse de las mismas, si este fuera el caso.

En la caldera 1, la puerta delantera está en buen estado, pues ha sido reparada recientemente, mientras que la puerta delantera de la caldera 2, debe de repararse la empaquetadura de la cubierta del quemador, la empaquetadura del cabezal, las tejas refractarias del hogar y las tejas deflectoras de la garganta. Siempre debe es necesaria la revisión y mantenimiento de toda la puerta delantera, las placas, los agujeros, otras cubiertas, entre otros. Deben de repararse todo tipo de fugas, inmediatamente, utilizando el material refractario.

Figura 31. **Puerta delantera, caldera 1**



Fuente: Hospital General de Enfermedades, IGSS, zona 9.

3.9. Ventilador

La temperatura de la caldera, debe ser siempre controlada, y se disminuye por el ventilador, por lo que es fundamental el buen funcionamiento, ya que de lo contrario, esta podría apagarse.

3.9.1. Lubricación del motor ventilador

Todo motor posee desgaste, por la fricción que se genera en sus partes metálicas, como rutina de mantenimiento, debe aplicarse una correcta lubricación, ya que esto mejora el rendimiento y alarga el tiempo de vida del motor del ventilador.

La lubricación debe de ser aplicada semestralmente, con revisiones bimestrales, si es necesario, efectuar la lubricación nuevamente durante dichas revisiones. El motor del ventilador de tiro forzado funciona correctamente, respecto a la lubricación, se realizan revisiones bimestrales, antes de iniciar operación nuevamente dentro de 6 meses, realizar lubricación dentro del mantenimiento programado.

Figura 32. **Ventilador caldera 1**



Fuente: Hospital General de Enfermedades, IGSS, zona 9.

3.9.2. Cojinetes

El mayor desgaste y fricción se da en los cojinetes, ya que para cumplir con su función, estos elementos se encuentran en contacto directo con otras piezas metálicas, lo que genera calor y un fallo prematuro de los elementos si no se tiene una correcta lubricación.

Los cojinetes del motor del ventilador de la caldera 1, ya están lubricados, durante su funcionamiento, realizar la lubricación mensual, ya que por las altas temperaturas y contaminantes que pueden haber en el cuarto de calderas, es necesario realizar una lubricación constante. Es necesario revisar que la caja de cojinetes, contenga 1/3 de grasa, de lo contrario, completar con la grasa suficiente en cada revisión mensual. Los cojinetes del motor del ventilador de la caldera 2, se encuentra en idóneas condiciones.

3.9.3. Bomba de aire

La bomba de aire es aquella que suministra el aire necesario para que sea proporcionado el aire secundario a la combustión, por medio del ventilador de tiro forzado.

La revisión y mantenimiento de la bomba debe ser semestral. Actualmente la bomba de aire está en condiciones para el inicio del trabajo, aunque durante su funcionamiento debe ser revisada bimestralmente y corregir cualquier inconveniente.

3.9.4. Filtro de aire

La función de un filtro de aire, es retener las partículas sólidas que contiene el aire que ingresará al ventilador de tiro forzado, esta filtración ayuda a una mejor combustión, puesto que el aire secundario ingresa más limpio y disminuye la acumulación de sólidos que se pueda dar tanto en la chimenea como en la cámara de combustión.

El programa de mantenimiento de un filtro de aire, varía según las condiciones del lugar, por ser un cuarto de calderas con temperaturas altas, el mantenimiento y limpieza, debe de realizarse mensualmente en el exterior y bimestralmente en el interior.

3.10. Sistema de combustible

El costo que representa el combustible puede ser muy elevado, por lo que es necesario llevar un control estricto del mismo.

3.10.1. Tanques de combustible

Con anterioridad se explicó que se tienen dos tanques subterráneos de bunker, para alimentar a la caldera, ambos tanques pueden ser conectados a ambas calderas. Es importante el mantenimiento y cuidado que deben tener estos tanques, ambos se encuentran en buen estado.

El nivel del tanque principal es medido diariamente, la forma de realizarlo fue analizada en la sección 2.7.1., donde básicamente indica que por medio de una varilla y una tabla, se conoce el mismo. Es importante conocerlo, para programar de una forma ideal la logística de reabastecimiento del bunker.

Se tiene un tanque de diario de la caldera, que es abastecido por los tanques principales. En la caldera 1, se encuentra en buen estado, para evitar desperdicios de combustible, es necesario controlar correctamente el llenado del mismo por medio de un interruptor eléctrico. El tanque de diario de la caldera 2, se encuentra en buen estado, se esté llena correctamente, a fin de evitar desperdicios de combustible. Revisar y reparar si fuera necesario, durante el mantenimiento semestral.

3.10.2. Bombas de alimentación de combustible

Se puede observar en la figura 11, las bombas que trabajan para la alimentación del tanque principal a tanque de diario, el cuarto de calderas cuenta con dos bombas que pueden ser conectadas a las dos calderas. La bomba de combustible debe de trabajar a una velocidad lenta de 300 a 350 revoluciones por minuto. Son bombas de desplazamiento positivo de tipo engranajes.

Se habilitará el paso a la caldera 1, cuando la caldera empiece a utilizarse, al realizar el cambio debe de verificarse la tensión correcta de las fajas, el tiempo de vida útil, la alineación y el correcto funcionamiento de las bombas, así como el mantenimiento requerido. Se encuentran funcionando correctamente. Realizar mantenimientos anuales al iniciar nuevamente la operación de la caldera 2.

3.10.3. Lubricación motor ventilador

Se conoce la función e importancia que tiene el ventilador en la caldera y en la combustión. Por lo que es necesario darle un estricto mantenimiento a cada una de sus partes.

El motor es una parte muy importante, donde debe aplicarse un correcto mantenimiento y una buena lubricación, con el fin de evitar el desgaste de las piezas del motor, creando una capa de lubricante entre las piezas que están rozando. Una mala lubricación, influye en el rendimiento y tiempo de vida del motor. Semestralmente se realiza la lubricación del motor, aunque se realizan revisiones bimestrales y ha sido necesario lubricar nuevamente.

3.10.4. Fajas de transmisión

Las fajas se encuentran en buen estado, únicamente debe de realizarse la inspección semestral, sobre el desgaste y el tiempo de vida de las mismas.

3.10.5. Temperatura de cojinetes

Los cojinetes del motor del ventilador, tienen mayor contacto y desgaste, por lo que es muy determinante la temperatura de los cojinetes, ya que afecta el funcionamiento del motor y por consiguiente del ventilador.

La lubricación es necesaria, debido a que existe un rozamiento entre piezas metálicas que provoca desgaste entre ellas, este desgaste se transforma en energía que se transforma en calor y provoca la elevación de la temperatura de los cojinetes, la cual debe de ser controlada por medio de la lubricación.

La lubricación debe realizarse cada 6 meses, los cojinetes deben de vaciarse, escurrirse y rellenarse con el aceite nuevo, la elección del aceite, depende de especificaciones del cojinete, debe tenerse 1/3 de la caja de cojinetes con grasa para evitar las altas temperaturas. Realizar mantenimiento y lubricación de los cojinetes, semestralmente.

3.10.6. Válvulas solenoides

La función de las válvulas solenoides es permitir el paso del combustible al quemador y se programan de acuerdo con el ciclo de funcionamiento en la que está operando la caldera.

Mensualmente debe de desmontarse y desenroscar la tapadera del vástago, para remover la suciedad y que siga trabajando correctamente. Además del mantenimiento semestral mayor, durante el paro de la operación de la caldera.

3.10.7. Controles sistema alimentación bunker

Para la correcta alimentación de bunker y lograr posteriormente una correcta combustión, intervienen durante la línea de alimentación, varios controles y accesorios, bombas, trampas, termómetros, válvulas, filtros, entre otros. Es necesario que cada uno de estos elementos, funcionen correctamente para lograr la correcta alimentación del bunker, por lo que deben inspeccionarse semestralmente, algunos necesitan mantenimiento previo durante la operación de la caldera.

En la caldera 1, es necesario cambiar la trampa de vapor y la válvula de retención del calentador de vapor. En la caldera 2, es necesario cambiar la trampa de vapor, el manómetro de la presión del combustible y la válvula de retención del calentador de vapor. Los demás accesorios, únicamente continuar con el mantenimiento y la inspección semestral.

3.10.8. Controles sistema alimentación gas

El quemador tiene la capacidad de trabajar con dos tipos de combustible, en este caso con el gas y el bunker, el primero es utilizado únicamente para encender la caldera junto con la chispa producida por la ignición, obteniendo así una efectiva y correcta combustión. El sistema de alimentación de gas cuenta con menos accesorios que el sistema de alimentación de bunker, esto no significa que se deba de tener un menor cuidado, al contrario siendo un gas puede ser aún más peligroso si existiese una fuga o bien una alta presión.

Entre los accesorios del sistema de alimentación de gas, se tiene válvula solenoide, válvula de mariposa, llave de cierre, manómetro de presión, y válvula reguladora de gas. En ambas calderas, el sistema funciona correctamente, aunque el manómetro de presión de gas de la caldera 2, debe de sustituirse.

3.11. Sistema eléctrico

El sistema eléctrico debe de ser supervisado siempre por una persona especialista en el tema, ya que es el cerebro del equipo.

3.11.1. Limpieza del control programador

El control programador es el cerebro de la caldera, ya que tiene el control total del funcionamiento y todos los componentes eléctricos son dependientes del tablero de control. Como las alarmas, bombas, quemador, válvulas solenoides, McDonnell; ya que cada uno, se activa por medio de señales que son enviadas desde el control programador.

Dado que es el cerebro de la caldera, el funcionamiento correcto es de suma importancia para el equipo. Es un trabajo muy especializado, y debe de trabajarse con bastante delicadeza. Trimestralmente, debe de desmontarse el control programador y revisar cada una de las terminales, cables, *switch*, conectores, que forman el circuito eléctrico; y debe de realizarse el cambio de cualquiera de ellos, si alguno estuviera dañado. Anualmente se realiza una revisión de un técnico especializado.

Figura 33. **Control programador, caldera 1**



Fuente: Hospital General de Enfermedades, IGSS, zona 9.

El sistema eléctrico de la caldera cuenta con un tablero de control, en el cual se tienen varias conexiones e interruptores que controlan las funciones principales de la caldera, como las bombas de combustible, de agua, quemador, entre otros.

Es necesario revisar que las terminales de las conexiones se encuentren bien atornilladas, debe de realizarse trimestralmente; si se encontrase alguna desatornillada, debe de atornillarse correctamente y realizar las pruebas correspondientes del panel de control.

Los platinos son utilizados para el diseño de sistemas eléctricos en donde es necesario distribuir el alto voltaje a las diferentes conexiones y sistemas que se controlan por medio de nuestro tablero.

Cada conector posee platinos, estos platinos deben limpiarse anualmente, utilizando un líquido especial para la limpieza de platinos con una lija fina. Realizarlo con un cuidado especial, evitando realizar una desconexión que pueda provocar el mal funcionamiento de la caldera o inclusive hasta un corto circuito.

3.11.2. Instalación eléctrica

La instalación eléctrica debe ser realizada por un especialista, y revisarla por lo menos una vez al año. Dando capacitaciones de lo básico al operador o encargados de las calderas.

4. CAPACITACIÓN AL PERSONAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL

Para complementar el plan de mejora propuesto en el capítulo 3, a continuación se presenta un plan de capacitación, el cual es dirigido al personal del Departamento de Mantenimiento del IGSS y a todo aquel personal que interactúe con las calderas y el cuarto de las mismas. La capacitación debe de brindarse al personal de primer ingreso y anualmente debe brindarse nuevamente un refuerzo del mismo a todo el personal. Por lo que a continuación se describe el contenido de la capacitación. Adicional, la seguridad industrial, es muy importante, debido a las normas que se deben de cumplir y la seguridad del personal, por lo que se incluye en la sección 4.11 conceptos, normas y el equipo de seguridad necesario para estar dentro del cuarto de calderas y operar las mismas.

4.1. Concepto de caldera

La caldera es un equipo fabricado con acero soldado, que consiste en un recipiente sellado, que se somete a altas presiones y temperaturas, con el objetivo de convertir el agua en vapor, por medio de la transferencia de calor, el cual se obtiene a base de un combustible. Finalmente, el vapor tiene varios usos dentro del hospital, los cuales se ampliarán más adelante.

De acuerdo a su diseño, se puede encontrar dos tipos de calderas: calderas acuotubulares y calderas pirotubulares, ampliaremos el segundo, puesto que dentro del hospital, se cuenta con dos calderas pirotubulares

Cleaver Brooks, cabe destacar que la diferencia es el lugar donde se encuentra el agua dentro de la calderas.

Las calderas pirotubulares son aquellas en las que los gases de combustión pasan a través de unos tubos, estos tubos se encuentran sumergidos dentro del agua, los gases transfieren calor cediéndolo a los tubos, que finalmente lo ceden al agua, y se convierte en vapor. La presión de trabajo, no excede los 285 psi, ya que si se desea una presión mayor, la caldera tendría que aumentar el espesor de carcasa.

4.2. Función de una caldera en un hospital

En el hospital, varias unidades o áreas necesitan el vapor para trabajar diariamente, la unidad de lavandería, cocina, central de equipo, sala de operaciones de adultos, laboratorio de leches. La función de la caldera dentro del hospital, es abastecer del vapor necesario a las áreas mencionadas.

4.3. Funcionamiento de la caldera

A continuación se presenta, como funciona una caldera paso a paso.

4.3.1. Pasos para encender la caldera

- Verificar el sistema de energía.
- Verificar el nivel del tanque de alimentación de agua.
- Verificar el nivel del tanque de bunker.
- Accionar interruptor de bomba de agua automático.
- Accionar interruptor de precalentamiento y recirculación de aceite.
- Verificar presión de aceite.

- Verificar tanque de gas.
- Accionar interruptor para iniciar atomización.
- Verificar que el dámper se encuentre cerrado.
- Verificar que válvula reguladora permita el paso de aceite a válvulas solenoides.
- Accionar interruptor en automático.
- Accionar interruptor de válvula solenoide de combustible
- Accionar pulsador de encendido de gas.
- Inspeccionar encendido.
- Optimización de llama.
- Finalización proceso de encendido.

4.4. Partes de una caldera

En la figura 6, se pueden observar las partes de la caldera pirotubular, que son el tipo de calderas que tiene el hospital.

4.5. Operación eficiente de una caldera

Operar eficientemente, no significa que tenga una eficiencia al 100 %, debe de hacerse un análisis para determinar la eficiencia a la que debe de trabajar la caldera.

4.5.1. Eficiencia de una caldera

La eficiencia de una caldera es la razón entre el calor absorbido por el fluido y el calor liberado en el equipo, es decir, el calor que absorbe el agua dentro de la caldera para convertirse en vapor y la energía suministrada por la quema del combustible.

La diferencia que existe entre el calor generado en la combustión y el calor absorbido, son las pérdidas de calor de la caldera. Para tener mayor eficiencia, se deben de reducir las pérdidas de calor, y mediante una eficiente combustión.

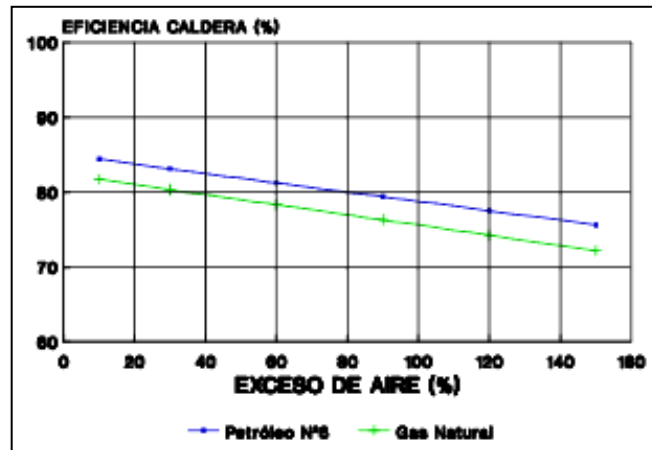
Cabe aclarar, que la caldera no trabajará nunca a 100 % de eficiencia, ya que hablando económicamente, no es factible. La eficiencia disminuye por las pérdidas de calor, el objetivo es que las pérdidas sean mínimas, mediante la correcta operación y mantenimiento de las calderas.

4.5.2. Parámetros que afectan la eficiencia de una caldera

A continuación se describen las principales pérdidas de calor que se dan en la caldera y lo que hace que disminuya su eficiencia:

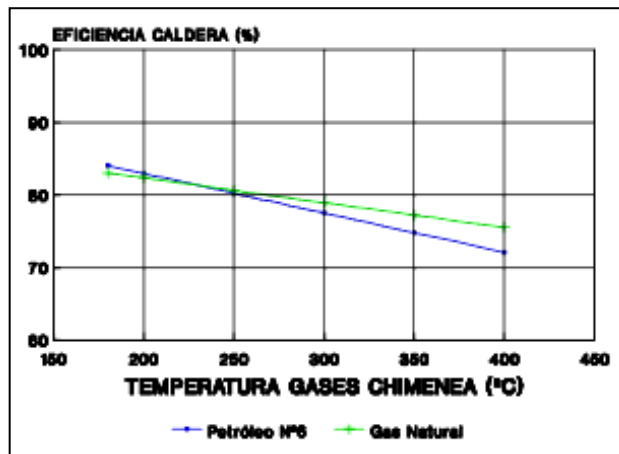
- Exceso de aire: la buena combustión es fundamental en la eficiencia de la caldera, por lo que es necesario tener una buena mezcla de aire y combustible. La cantidad de aire depende del tipo de combustible, hay que tomar en cuenta también la afinación de la caldera para que no se tenga un exceso o lo contrario, escasez de aire. En la figura 34, se observan las pérdidas de eficiencia que se tienen, a causa de este problema de exceso de aire.
- Temperatura de los productos de la combustión: durante la combustión, se generan los productos o gases, la temperatura se mide en la chimenea que los lleva hacia el exterior y representa hasta un 12 % de las pérdidas de calor. En la figura 35, se observan las pérdidas de eficiencia, debido a la temperatura de los gases de la combustión.

Figura 34. Disminución de eficiencia por exceso de aire en combustión



Fuente: Thermal Engineering LTDA. *Análisis de eficiencia en calderas*. p. 35.

Figura 35. Disminución de eficiencia por temperatura de gases de combustión

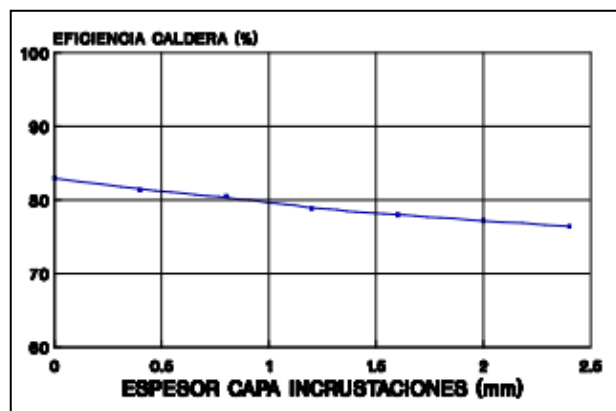


Fuente: Thermal Engineering LTDA. *Análisis de eficiencia en calderas*. p. 47.

- Limpieza de tubos del lado de agua y del lado de fuego: es un factor importante que determina la eficiencia de la caldera. Como se ha

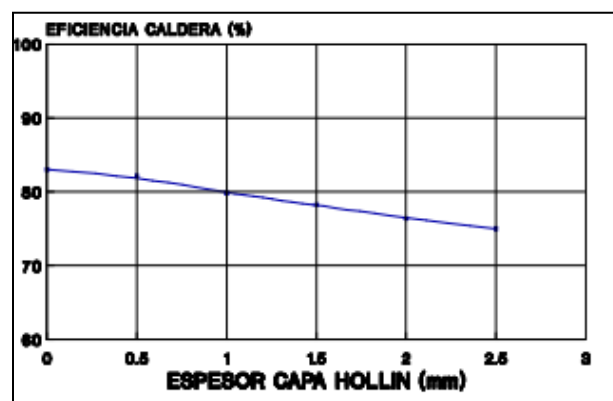
mencionado con anterioridad las incrustaciones se forman del lado de agua de los tubos, mientras que en la parte del lado de fuego se forman el hollín; en la figura 36 y figura 37, se observa la pérdida de eficiencia por estos factores.

Figura 36. **Disminución de eficiencia por espesor de incrustaciones**



Fuente: Thermal Engineering LTDA. *Análisis de eficiencia en calderas*. p. 49

Figura 37. **Disminución de eficiencia por espesor de capa de hollín**



Fuente: Thermal Engineering LTDA. *Análisis de eficiencia en calderas*. p. 49.

- Pérdida de calor en purga: en cada purga realizada, se pierde calor generado por la caldera, por lo que es preferible realizar las purgas intermitentes frecuentemente de poca duración, evitando así las pérdidas de calor del agua ya tratada dentro de la caldera.
- Aire de combustión sin precalentamiento: al tener un precalentamiento del aire de la combustión, permite tener una combustión más completa, obteniendo así un importante aumento de la eficiencia, ya que al calentar el aire hasta en 260 °C es posible lograr incrementos de hasta un 15 % en la eficiencia.

4.6. Tratamiento de agua para calderas

El tratamiento que se le da al agua para calderas es el siguiente:

- Remover calcio y magnesio

Además del calcio y magnesio, también se eliminan otros elementos, pero principalmente los dos mencionados anteriormente que provocan la dureza del agua y ésta provoca incrustaciones en una caldera. La eliminación de los iones de calcio y magnesio se logra por medio de un ablandador, en este caso se utiliza la resina catiónica, que son pequeñas esferas que atrapan los iones de calcio y magnesio, así como sodio, hierro, manganeso, bicarbonato, carbonato, cloruro, sulfato y nitrato.

En el caso que el agua tenga una dureza mayor a 60 ppm, es necesario realizar la regeneración para recuperar la capacidad de intercambio de las resinas, dicha regeneración es realizada con sal sódica de calidad técnica con una concentración de 150 a 250 gr/l de resina. Siendo este el caso, se agrega

15 lb de dicha sal sódica por cada pie cúbico, aproximadamente esta regeneración se realiza cada 7 u 8 días, pero para saber cuándo se debe realizar es necesario determinar la dureza con el equipo proporcionado por la empresa encargada de tratamiento de agua, por el siguiente método:

- Tomar 25 ml de agua del filtro.
- Agregar 5 gotas del Buffer R-0619.
- Agregar una cucharada de Indicador R-0620.
- Agitar la muestra de agua.
- Si el agua toma un color azul, indica que el agua se encuentra bien y termina este proceso.
- Si el agua toma un color morado, indica que el agua tiene dureza; entonces se agregan gotas del indicador de dureza, agitando al mismo tiempo y se dejan de agregar gotas hasta que el agua tome un color azul, por cada gota indica que se posee 10 ppm de dureza.

Figura 38. **Equipo para medición de propiedades del agua**



Fuente: Hospital General de Enfermedades, IGSS, zona 9.

- Uso de químicos

Para evitar incrustaciones y corrosión, se aplica un tratamiento interno para el agua de la caldera, indicado por la empresa encargada del tratamiento de agua, cada 8 días se agrega por *batch* los siguientes químicos:

- Anti-incrustante para calderas BCT-240 (2 galones)
- Anti-corrosivo para calderas BCT-120 (3 libras)

Figura 39. **Anti-incrustante para calderas BCT-240**



Fuente: Hospital General de Enfermedades, IGSS, zona 9.

- Efectuar purgas

Estas purgas eliminan el lodo compuesto por el calcio y otras materias, como sólidos disueltos, que se han formado al aplicar tratamientos. Se realizan

purgas de fondo, 4 o 5 veces al día, según lo indique el ingeniero químico encargado de la empresa de tratamiento de agua, durante 8 segundos cada llave.

Es muy importante determinar un adecuado tratamiento al agua de alimentación, basándonos en las siguientes variables:

- Tamaño de la caldera (H.P.)
- Horas de trabajo diario
- Presión de trabajo de la caldera
- Producción de vapor/hora
- Porcentaje de retorno de condensado
- Concentración de parámetros químicos en el agua

4.7. Purgas

Realizar diariamente la purga de fondo, cada dos horas durante la operación diaria de las calderas. El objetivo de la purga es eliminar el lodo y controlar los sólidos disueltos en el agua. Las purgas son intermitentes y se realizan frecuentemente con poca duración, esto evita el desperdicio mayor de agua tratada dentro de la caldera.

Los sólidos y lodo dentro de la caldera, disminuyen la eficiencia de la caldera, ya que ocupan espacio y no permiten el correcto funcionamiento de convertir el agua en vapor, debido a que no permite una correcta transferencia de calor. Para evitar esta disminución de eficiencia, se tiene la programación de purgas de fondo, la cual inclusive debe de llevar un control de la hora en que se realizan, dentro del control de calderas. A continuación, se presenta el mecanismo para realizar la purga de fondo de la caldera 2.

Figura 40. **Mecanismo purga de fondo, caldera 2**



Fuente: Hospital General de Enfermedades, IGSS, zona 9.

4.8. Control diario de calderas

El realizar registros de datos de la caldera diariamente o inclusive cada hora, es importante y necesario para determinar el funcionamiento correcto y eficiente de la caldera, ya que en dicho registro se puede observar las desviaciones o datos no comunes que se dan durante la operación, los cuales deben de ser identificados para poder trabajar o mejorar conforme a ellos.

El fin principal es verificar las pérdidas de eficiencia y las causas, así como las condiciones en la que se dan las desviaciones y causas especiales. Los datos pueden ser analizados, siempre y cuando la caldera trabaje en condiciones normales y estables.

En la figura 20, se observa el esquema de control diario de calderas, formando parte del control diario lo siguiente:

- Lectura de manómetro del vapor, aire al atomizador y petróleo, realizar a cada hora durante el funcionamiento de la caldera.
- Lectura de termómetros del petróleo, aguata de alimentación y de la chimenea, realizar a cada hora durante el funcionamiento de la caldera.
- A las 7:00 horas, toma de datos para determinar el consumo de combustible y el consumo del agua.
- Completar formato con los datos del núm. de la caldera, la fecha, la persona que enciende la caldera y responsable de la misma.
- Realizar purgas de fondo, anotando la hora y quién realizó la misma.
- Realizar pruebas de apagado por falta de agua, prueba columna de cristal, prueba de grifos, anotando la hora y quién realizó las pruebas.
- Si se diera algún inconveniente o algo fuera de lo normal durante la operación diaria, anotarlo en las observaciones.

4.9. Sistema de alimentación de agua

La vida útil de la caldera, puede verse afectada por la calidad del agua, por residuos, temperatura y otros factores, así como la forma de ingreso a la caldera.

4.9.1. Sistema de recepción de condensado

El tanque de recepción de condensado es también el tanque de almacenamiento de agua de alimentación, con esto logra mantener una temperatura óptima del agua que entra a la caldera, para evitar problemas de choques térmicos, dilataciones o contracciones al ingresar tanto al tanque de condensado, como a la caldera.

El sistema de recepción de condensado ayuda a elevar a la temperatura adecuada del agua para ingresar a la caldera, ahorrando así costos de un calentamiento. Este sistema incluye trampas de vapor, las cuales, drenan el condensado y mantienen el vapor que es llevado al tanque de condensados, además de eliminar la suciedad o gases no condensables que deben de ser desechados. Dentro del cuarto de calderas, se tiene una red de retorno de vapor no utilizado que es llevado también al tanque de condensados.

El tanque de condensados posee otras partes como el termómetro, un visor de vidrio, conexión para el retorno de condensados, manómetro, conexión para el agua de alimentación, además de los filtros de entrada y de salida. La capacidad del tanque, debe de ser de acuerdo a la capacidad de la caldera, se recomienda que la capacidad del tanque de condensado sea la necesaria para que la caldera pueda seguir operando durante 20 minutos.

La altura del tanque de condensado, debe de cumplir que el nivel de agua del tanque es el mismo al nivel máximo del agua de la caldera, para evitar que se pueda inundar la caldera.

4.9.2. Sistema de bombeo

El sistema de bombeo consiste en llevar el agua del tanque de condensado a la caldera por medio de una bomba, la cual es activada por el sistema de control eléctrico, cuando se tiene nivel bajo de agua dentro de la caldera.

Como se mencionó con anterioridad, el agua es elevada de temperatura, gracias a que el tanque de alimentación de agua, es el mismo del tanque de

condensados, evitando problemas para la caldera y utilizando el condensado no aprovechado para calentar el agua de alimentación y no desperdiciarlo.

Como la bomba trabaja intermitentemente, al recibir la señal de la caldera que el nivel de agua es bajo, se utilizan bombas de tipo turbina, por el tipo y forma de trabajo.

4.10. Sistema de alimentación de combustible

La caldera trabaja con un quemador que puede operar con dos tipos de combustible, primero el gas para encender la caldera y posteriormente con aceite, en este caso, el bunker. Por lo que tiene dos líneas de alimentación independientes. La línea de gas está formada únicamente por el tanque de gas, la tubería y el manómetro de presión, mientras que la línea de bunker es más compleja, utilizando varios controles y accesorios para poder llevar el bunker desde el tanque hasta el quemador en la caldera.

La línea de combustible está formada por la bomba de combustible, un calentador eléctrico, válvulas solenoides de combustible, termostatos y el tirado de combustible. La bomba de combustible trabaja a bajas velocidades, y es de tipo de engranajes. Es importante mencionar, que el bunker debe de llevar una temperatura para una correcta combustión, proporcionada por el calentador eléctrico, por lo que antes de alimentar la caldera, debe de haber un precalentamiento.

4.10.1. Tanques de combustible

Las calderas tienen dos tanques subterráneos de bunker, para abastecerse durante su operación, ambos tanques pueden ser conectados a

ambas calderas. Los tanques deben de estar en perfectas condiciones, aptas para el combustible, ya que el combustible es de los mayores costos de operación que tiene la caldera, por lo que no puede haber un mal cuidado del mismo, mucho menos pérdidas o fugas en los tanques.

Es necesario conocer diariamente el nivel de los tanques, para la correcta planificación de la logística de llenado de los tanques, sabiendo que a cierto nivel, debe de realizarse el pedido y evitar que el equipo deba de pararse por falta de combustible.

4.11. Seguridad Industrial en el área de calderas

La seguridad industrial debe de ser muy estricta y seguirse al pie de la letra en el cuarto de calderas.

4.11.1. Conceptos

- Seguridad industrial: es el área que se encarga de minimizar los riesgos en la industria, evitando los accidentes y protegiendo a los trabajadores, implementando programas y sistemas de seguridad industrial, así como controles técnicos de riesgos.
- Higiene industrial: procedimientos que controlan los factores ambientales que pueden llegar a afectar la salud en el trabajo; por lo que evalúa factores físicos, biológicos y químicos.
- Área de calderas: el área de calderas se refiere específicamente al cuarto de calderas.

- Señalización: símbolos, rótulos o señales, utilizadas comunicar de una forma simple, rápida y de comprensión universal.
- Equipo de protección personal: son todos aquellos accesorios que se utilizan para protección física y son determinados de acuerdo al tipo de actividad que se realiza, así como el área en el que se está realizando.

4.11.2. Señalización

No solamente es necesario señalar, sino también comprender el significado de las mismas y darlo a conocer a todo el personal.

4.11.2.1. Interpretación de señalización

Como se mencionó, la señalización busca comunicar algo de una forma comprensible universalmente, por lo que la interpretación va ligada al pictograma y al significado de los colores. A continuación, la figura 41 muestra el significado de los colores en la señalización.

Figura 41. Significado de colores

Color	Significado	Indicaciones y precisiones
Rojo	Señal de prohibición	Comportamientos peligrosos
	Peligro-alarma	Alto, parada, dispositivos de desconexión de emergencia.Evacuación
	Material y equipos de lucha contra incendios	Identificación y localización
Amarillo, o amarillo anaranjado	Señal de advertencia	Atención, precaución.Verificación
Azul	Señal de obligación	Comportamiento o acción específica.Obligación de utilizar un equipo de protección individual
Verde	Señal de salvamento o de auxilio	Puertas, salidas, pasajes, material, puestos de salvamento o de socorro, locales
	Situación de seguridad	Vuelta a la normalidad

Fuente: VTP Pinturas. www.wordpress.vtppinturas.es/cartas-de-colores.

Consulta: enero de 2014.

4.11.3. Condiciones seguras e inseguras

Un accidente ocurre por dos causas, por una condición insegura o bien por un acto inseguro; ambos conceptos van muy ligados, por los que es necesario conocerlos y diferenciarlos.

- Condición insegura: es el estado o lugar, que no brinda la seguridad o bien signifique peligro para una persona. Es decir, va muy relacionado a las instalaciones. En la figura 46, se puede observar una condición insegura, debido a tubos y otros objetos dentro del cuarto de calderas que no deberían de estar en el lugar.

Figura 42. **Condición insegura**



Fuente: Hospital General de Enfermedades, IGSS, zona 9.

- Acto inseguro: es la forma inadecuada de realizar alguna actividad, trabajo o tarea, donde se genera un peligro o riesgo por la manera de realizarlas, ya sea por fallas, errores u olvidos.

4.11.4. Equipo de seguridad

Durante la sección 3.1.4.3., se define el equipo de seguridad mínimo que debe utilizar el operador dentro del cuarto de calderas.

4.12. Tipos de mantenimiento

Se manejan dos tipos principales de mantenimiento:

- Mantenimiento preventivo: aplicado por las rutinas de mantenimiento propuestas en el capítulo 5.
- Mantenimiento correctivo: efectuarlo inmediatamente ante cualquier falla.

5. GUÍA PARA RUTINAS DE MANTENIMIENTO EN CALDERAS

Posterior al plan de mejora propuesto, se propone la siguiente guía de mantenimiento preventivo, la sección 2.7.5. describe el plan de mantenimiento preventivo actual, el cual no está acoplado de acuerdo a las condiciones actuales de las calderas. Por lo tanto, a continuación se describe el nuevo plan de mantenimiento, que cumple con una mejora continua en el funcionamiento y estado de las calderas, y debe de efectuarse posterior a haber aplicado el plan de mejora propuesto en el capítulo 3, el cual debe de ser realizado por el personal encargado de las calderas.

5.1. Semanales

Hay actividades que necesitan realizarse a diario, otras 2 veces por semana y algunas 1 vez a la semana, durante esta sección, se representan las actividades que debemos de realizar en la semana y su frecuencia.

Tabla XXV. Plan de mantenimiento semanal

Núm.	Actividad	Diario	2 por semana	1 por semana
1	Inspección para verificar que no existan fugas de gases.			X
2	Lavado de filtros de entrada a la bomba de agua y de entrada al tanque de condensados.			X
3	Purgas de fondo, cada dos horas.	X		
4	Comprobación de temperatura de gases en la chimenea.	X		
5	Verificar presión de diferentes manómetros.	X		
6	Limpieza de filtros de combustible.		X	
7	Verificar funcionamiento correcto de la trampa de vapor.		X	

Continuación de la tabla XXV.

8	Limpieza de boquillas del quemador.	X		
9	Limpieza del electrodo del piloto de gas.			X
10	Inspección de prensaestopas de la bomba de agua.			X
11	Revisión nivel de combustible.	X		
12	Toma de muestras de agua, para tratamiento.	X		
13	Revisión general del quemador.			X
14	Verificar que se tenga una combustión correcta.			X
15	Revisar niveles de agua durante la operación.			X
16	Prueba de válvulas de seguridad.			X

Fuente: elaboración propia.

5.2. Mensuales

En la presente sección, se describen las actividades de mantenimiento mayores a una semana pero no superiores a un mes.

Tabla XXVI. **Plan de mantenimiento mensual**

Núm.	Actividad	Quincenal	Mensual
1	Verificar el correcto funcionamiento del flotador.		X
2	Comprobar niveles de agua de la caldera.		X
3	Limpieza de filtros de agua, aceite y combustible.	X	
4	Condiciones de trabajo del quemador.	X	
5	Inspección de niveles de acción y paro de la bomba de alimentación de agua.	X	
6	Revisión de boquillas		X
7	Limpieza de electrodos		X
8	Revisar aisladores de ignición		X
9	Revisar cables de ignición		X
10	Limpieza de foto-celda	X	
11	Prueba de foto-celda		X
12	Limpieza de la malla del ventilador		X
13	Revisar cápsulas de mercurio		X
14	Comprobación de voltaje y cargas de motores.		X
15	Revisión del nivel de % existente en el tanque de gas.	X	
16	Revisión de válvulas en general.		X
17	Revisión tubo de nivel de agua.		X
18	Revisión de prensaestopas.		X
19	Tanque de condensado y accesorios.		X

Fuente: elaboración propia.

5.3. Trimestrales

Cada 3 meses, debe llevarse a cabo el siguiente plan de mantenimiento.

Tabla XXVII. **Plan de mantenimiento trimestral**

Núm.	Actividad
1	Limpieza de tubos del lado de agua.
2	Accionar palancas de válvulas de seguridad, para evitar que se peguen por el calor.
3	Realizar limpieza interna de la chimenea, para eliminar el hollín que se ha formado y eleva la temperatura de los gases de combustión.
4	Control de cebado de bombas.
5	Limpieza del quemador.
6	Revisión piloto de gas.
7	Limpieza del programador controlador.
8	Revisión de correctas conexiones de terminales.
9	Revisión de termostatos.
10	Limpieza de trampa de vapor de precalentador de combustible.

Fuente: elaboración propia.

5.4. Semestrales

Las calderas trabajan seis meses cada una, durante el período de paro, se aprovecha para realizar un completo mantenimiento, revisión y reparaciones; por lo que el mantenimiento durante este tiempo, es importante para evitar problemas durante el período de operación de la caldera.

Tabla XXVIII. **Plan de mantenimiento semestral**

Núm.	Actividad
1	Revisar funcionamiento y lubricación de bombas de alimentación de agua y de combustible.
2	Inspeccionar el hollín acumulado.
3	Verificar el estado del horno y el material refractario.
4	Limpieza de material refractario desprendido y reparación de grietas.
5	Revisión de tensión en bandas de la bomba.
6	Lavado interior de caldera, esperar un mínimo de 36 horas para que se enfríe la caldera por completo.
7	Limpieza de los cruces.
8	Agregar grafito con aceite al tornillo de las tortugas.
9	Comprobar el buen funcionamiento de los presuretroles y posteriormente lavarlos.
10	Limpieza de columnas de control y de entrada de agua a la bomba.
11	Limpieza del lado del agua.
12	Inspección fugas de tubos.
13	Cambio de empaques.
14	Revisión de pernos y tuercas de las puertas de la caldera.
15	Alinear motor y bomba.
16	Limpieza de tanque de condensados.
17	Lubricación de motor ventilador.
18	Revisar temperatura de cojinetes.
19	Revisión de válvulas solenoides.
20	Limpieza de cámara de agua.
21	Pruebas de apagado por fallas de agua.
22	Pruebas de apagado por fallas de llama.

Fuente: elaboración propia.

5.5. Anuales

Cada año, debe llevarse a cabo el siguiente plan de mantenimiento.

Tabla XXIX. **Plan de mantenimiento anual**

Núm.	Actividad
1	Revisión y cambio de manómetros dañados.
2	Limpieza completa de la chimenea.
3	Revisión y cambio de termómetros dañados.
4	Limpieza de platinos.
5	Limpieza y revisión de Columna de McDonnell
6	Limpieza y revisión de diafragma y flotador.
7	Revisión de vibraciones de motor ventilador.
8	Revisión de bombas de tanque principal a tanque de diario.
9	Limpieza del lado de fuego.
10	Revisión de impulsor.
11	Revisión de aislador térmico de tubería.

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Para realizar el diagnóstico de la situación actual de la operación y funcionamiento de las calderas, se observó y estudió durante dos meses, donde se determina que la eficiencia debe mejorar y los factores que la afectan, siendo estos los siguientes: forma de operación, estado del cuarto de calderas, incrustaciones, temperatura de gases de combustión, espesor de hollín, mantenimientos fuera de tiempo, calderas trabajando más tiempo del programado; finalmente estos factores conllevan a otras consecuencias que afectan la eficiencia de las calderas, fugas, mal quema de combustible, temperaturas y/o presiones altas, purgas fuera de tiempo, tratamiento de agua ineficiente, entre otros.
2. Actualmente ambas calderas trabajan con una eficiencia del 60 %, con el plan de mejora propuesto, se esperan alcanzar en ambas un aumento del 10 al 12 % en la eficiencia, lo que generaría mejor calidad de vapor y sobre todo, la disminución de costos en tiempo extra de operación por no cumplir la demanda de vapor y en el mantenimiento correctivo.
3. La situación actual de la operación y funcionamiento de calderas, está regida por tres factores; el cuarto de calderas, la forma de operación y el estado de las partes de la caldera; con base en estos tres factores, se desarrolla durante el tercer capítulo, el plan de mejora propuesto. Iniciando por el cuarto de calderas, donde es necesario mejorar las siguientes condiciones: la limpieza, ya que afecta el combustible, visibilidad, filtros y demás accesorios; la ventilación es idónea, manteniendo la temperatura correcta, por motivos de seguridad deben de

corregir los accesos y finalmente colocar las lámparas necesarias para tener la iluminación correcta. Se continúa con la forma de operación, el personal tiene el conocimiento para operarlas y brindar el mantenimiento, aunque no se dan abasto por completo, ya que idóneamente deben de trabajar seis meses y parar operación durante seis meses, esto no se da. Para finalizar, el estado de la caldera es aceptable dado el tiempo de operación que tienen, una veinticuatro años y la otra cuarenta y cinco años, durante el diagnóstico se determina las partes dañadas que necesitan cambios y/o reparaciones.

4. El plan de mejora está basado en su estado operativo, por lo que se debe de tener el personal capaz para que sean operadas correctamente, dado esto, se incluye dentro del plan de mejora, un plan de capacitaciones y seguridad industrial al personal, ya que el recurso humano es quien las opera y por medio de ellos se llevará a cabo. El conocimiento que tiene el personal, es muy empírico, por lo que se les capacita en conceptos técnicos y térmicos, forma de operarla, encendido, purgas, tratamiento de aguas y finalmente en seguridad industrial, ya que la integridad física del personal es muy importante.
5. Luego de realizadas las correcciones al equipo y capacitado el personal, se brinda un plan de mejora continua, el cual consiste en un plan de mantenimiento preventivo que tendrán las calderas, debe de llevarse a cabo estrictamente como se indica, para mantener la eficiencia y estado obtenido, luego de haber aplicado dicho plan de mejora.

RECOMENDACIONES

1. Para determinar un estado operativo de la caldera, es necesario observar la forma de operación de las mismas, desde el encendido, hasta el apagado diario; ya que existen muchos factores que pueden afectar la eficiencia de la caldera y su buen funcionamiento; para determinar más profundamente el estado de la caldera, se recomienda que el encargado de las calderas observe la operación durante un año, ya que trabajando seis meses una y durante los otros seis meses la otra caldera; se puede observar por completo un ciclo de trabajo; ya que hay trabajos y mantenimientos que se realizan una vez al año.
2. Las calderas no trabajan a una eficiencia del 100 %, dado que el costo de esta eficiencia es muy alto, por lo que según la demanda, requerimientos, el tipo y tamaño de caldera, se recomienda que profesionales especialistas en calderas, junto con el encargado de las calderas y el jefe del Departamento de Mantenimiento, definan la eficiencia a la que se tendrá mayor rentabilidad en la operación de la caldera, es decir, realizar un análisis de los beneficios versus los costos de dichos beneficios. Dado lo anterior, es erróneo definir una eficiencia deseada o definir la misma eficiencia para una caldera, aunque esta tenga las mismas características, por lo que se recomienda realizar el análisis respectivo. El hospital conoce la eficiencia a la que trabaja, así como la eficiencia máxima a la que debe de trabajar para ser rentables.
3. Para brindar un plan de mejora de calderas, se recomienda realizar un diagnóstico del estado de las mismas, para tener un punto de inicio o

partida, así mismo, definir objetivos y metas alcanzables; dicho plan, no se enfoca únicamente en el estado de las calderas, sino también debe de tomarse en cuenta el área donde se encuentran, es decir, el cuarto de calderas y la forma de operación.

4. El estado correcto de una caldera y una alta eficiencia, no es sinónimo de una disminución de costos y calidad de vapor, ya que los principales costos aumentan en la mala operación de la caldera y el incorrecto mantenimiento de la misma, afectando gradualmente el equipo y la calidad del vapor generado; por lo que el recurso humano, es decir el operador, debe de ser capaz de operar el equipo y responder rápidamente ante dificultades que se den a diario, es por ello que se recomienda aplicar el plan de capacitación que se desarrolla en el capítulo 4, donde se enfoca, no solo en conocer el equipo, sino también en su seguridad al operarlo, el correcto mantenimiento y sobre todo la operación correcta de la caldera.
5. Finalmente, el plan de mejora, no daría resultados satisfactorios si las mejoras fueran a tenerse solamente por un tiempo, ya que las inversiones son altas y el beneficio puede ser muy alto y ampliarse como una mejora continua si se le da un correcto mantenimiento, es por ello que se recomienda, luego de realizado el plan de mejora, que el encargado de las calderas, lleve a cabo estrictamente el plan de mantenimiento preventivo desarrollado en el capítulo 5, lo que ayuda a disminuir costos, mantener eficiencia de equipo y tener una menor cantidad de emergencias.

BIBLIOGRAFÍA

1. CHIROY SANTOS, Julio Roberto. *Programa de Mantenimiento Preventivo para el Cuarto de Calderas del Hospital Privado de las Américas*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006. 271 p.
2. Cleaver-Brooks. *Manual de Operación y Mantenimiento de Calderas Cleaver Brooks*. Estados Unidos: 1989. 347 p.
3. DE LEÓN RODRÍGUES, Manuel Arturo. *Propuesta de mantenimiento de calderas e implementación de señalización de seguridad para sala de máquinas del hospital nacional de Chimaltenango*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2010. 274 p.
4. Filtros y equipos. *Filtros, Equipos y sistemas para tratamientos de aguas*. [en línea]. <<http://filtrosyequipos.com/>>. [Consulta: 9 de marzo de 2013].
5. HUANG. Francis F. *Ingeniería termodinámica: fundamentos y aplicaciones*. México: Continental, 1987. 599 p.
6. Industrial Tijuana. *Descripción general y principios de operación*. [en línea]. <<http://www.industrialtijuana.com/pdf/C-7.pdf>>. [Consulta: 20 de julio de 2013].

7. LARIOS REN, Hugo Tomás. *Diseño del plan de mantenimiento preventivo del área de calderas del Hospital Nacional Santa Elena de Santa Cruz del Quiché, el Quiché*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2011. 173 p.
8. Manuales y Diagramas. *Manual de operación de calderas de vapor*. [en línea]. <http://www.academia.edu/9520944/Operacion_de_calderas_manualesydiagramas_blogspot_com>. [Consulta: 2 de mayo de 2015].
9. Ministerio de Trabajo y Previsión Social. *Ley Orgánica del IGSS*. [en línea]. <www.mintrabajo.gob.gt/index.php/leyes-y-convenios/leyes-ordinarias/65-ley-organica-del-igss.html>. [Consulta: 10 de marzo de 2013].
10. MIRANDA BARRERAS. Ángel Luis. *Evaporadores*. Barcelona: Ceac, 2000. 170 p.
11. Universidad de Cádiz. *Señalización de seguridad*. [en línea]. <<http://ciencias.uca.es/conocenos/seguridad/senales>>. [Consulta: 6 de mayo de 2015].

APÉNDICE

Si se cumpliera con exactitud el plan de mantenimiento, el estado de las calderas fuera mejor del que se tiene en la actualidad, por diferentes razones, este no se lleva a cabo de la manera exacta como lo indica el plan de mantenimiento. A continuación, se describen los materiales mínimos necesarios para el mantenimiento semestral, que se debe de realizar a las calderas durante el tiempo que no se encuentran en operación.

Apéndice 1. **Materiales para mantenimiento semestral**

Materiales Para Mantenimiento Semestral
12 Tornillos de 3/8 x 2" R/0 Grado 8
12 Tuercas de bronce, diámetro 3/8" R/0
24 Roldanas de 3/8" de diámetro
12 Washas de presión de 3/8" de diámetro
2 Cepillos de acero, 2 1/2" de diámetro
1 Quintal de biblo-mix
8 Tejas para garganta 94-130
10 Libras de electrodo 3/32 312-16
2 Mangueras 3/8" x 26" 861.212 alma de acero
1 Cubeta de aceite SAE 10
2 Electrodo para gas piloto, diámetro 5/8" x 60 cms No. 435-36
Solvente para lavado de tanque aire-aceite
Lubricante para transmisiones y motores
Grasa para baleros de bombas de combustible
Grafito con aceite
Manómetro de 0 a 60 PSI, para línea de aire de combustión
Manómetro de 0 a 300 PSI, para línea de bunker
Fajas A-40 para compresor del aire de atomización
Termómetro de 0 a 300 °C
Válvula solenoide de 120 V, para línea del gas propano 940-278

Continuación del apéndice 1.

Válvula solenoide de 120 V, para línea de vapor precalentador
McDonnell con ampolletas de mercurio
Transformador de ignición 832-107
Regulador para gas propano 918-93
Difusor 275-63
Boquilla 251-13
Tanque de condensado
Kit de diafragmas, para el regulador de entrada del bunker
Accesorios de bombas de alimentación
Material refractario
Recubrimiento y pintura
Anticorrosivos
Empaques de filtros
Lubricante para cojinetes
Flotador de control de nivel de agua
Electrodos de ignición
Controles del quemador
Pernos para puertas
Accesorios para toda la caldera que sean necesarios de cambiar

Fuente: elaboración propia.

ANEXO

Para facilitar la solución a problemas con las calderas, se han clasificado por códigos según la descripción de la falla que se dé, a continuación se presenta, el código de fallas para el control de calderas CB.

Anexo 1. Código de fallas para el control de calderas CB

Códigos de Fallas para el Control de Calderas CB		
Código de Falla	Descripción de la Falla	Solución Recomendada
H70	Señal de llama durante la espera.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vea que no exista llama en la cámara de combustión. 2. Revise el amplificador de la señal de llama. 3. Revise el detector de llama. 4. Revise las conexiones del detector de llama.
F00	Falsa señal de llama durante la prepurga	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vea que no exista llama en la cámara de combustión. 2. Revise el amplificador de la señal de llama. 3. Revise el detector de llama. 4. Revise las conexiones del detector de llama.
F01	Falla del interruptor de purga de fuego alto (motor modulador)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revise el interruptor de fuego alto. 2. Revise el motor modulador
F03	Cierre de preignición abierto durante la prepurga	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revise los cierres y las conexiones del circuito de control. 2. Revise si no hay una válvula de combustible en malas condiciones.
F04	Circuito de paro abierto durante la prepurga	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revise los circuitos y conexiones de paro y operación. 2. Revise el flujo de aire, presión de combustible, el nivel de agua, entre otros.
F10	Falsa señal de llama durante la pausa de fuego bajo al final de la prepurga	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vea que no exista llama en la cámara de combustión. 2. Revise el amplificador de la señal de llama. 3. Revise el detector de llama. 4. Revise las conexiones del detector de llama.
F11	Falla del interruptor de fuego bajo (no se ha conectado)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revise el interruptor de fuego bajo y sus conexiones. 2. Revise el motor modulador y sus conexiones.
F12	Falla del interruptor de fuego bajo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revise el interruptor de fuego bajo y sus conexiones.

Continuación del anexo 1.

F13	Cierre de preignición abierto durante el período de pausa de fuego bajo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revise los cierres y las conexiones de preignición. 2. Vea si no hay una válvula de combustible defectuosa o con malas conexiones.
F14	Circuito de paro abierto durante la pausa de fuego bajo al final de la prepurga	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revise los circuitos y conexiones de paro y operación. 2. Revise el flujo de aire, presión de combustible, el nivel de agua, entre otros.
F30	Falla de llama piloto	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revise la válvula del piloto y su operación. 2. Revise el suministro de combustible piloto. 3. Revise el transformador de ignición, detector de llama y el amplificador de señal de llama.
F31	Interruptor de fuego bajo abierto durante la prueba de piloto	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revise el interruptor de fuego bajo y sus conexiones. 2. Revise el motor modulador.
F34	Circuito de paro/operación abierto durante la prueba del piloto	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revise los circuitos y conexiones de paro y operación. 2. Revise el flujo de aire, presión de combustible, el nivel de agua, entre otros.
F35	Falla de llama piloto en el modo de prueba	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aumente la presión del combustible piloto y repita la prueba de reducción del piloto. Revise las conexiones del piloto y la operación de la válvula. 3. Revise el suministro de combustible. 4. Revise el transformador de ignición y el electrodo, el detector de llama y el amplificador de señal.
F40	La llama principal no encendió	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revise el suministro de combustible y sus conexiones. 2. Verifique la capacidad del piloto para encender la llama principal. 3. Verifique la capacidad del sensor para detectar y responder a la llama principal. 4. Revise el amplificador de señal de llama. 5. Revise la operación del piloto al abrirse la válvula principal de combustible.
F41	Interruptor de fuego bajo abierto durante el período de establecimiento de la llama principal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revise el interruptor de fuego bajo, su ajuste y conexiones.
F50	Falla de llama durante el período de operación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revise el suministro de combustible. 2. Revise el detector de llama y el amplificador.

Continuación del anexo 1.

F54	Circuito de paro abierto durante el período de operación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revise los circuitos y las conexiones de paro y operación. 2. Revise el flujo de aire, la presión de combustible, el nivel de agua, entre otros.
F63	Cierre de preignición no cerró durante la postpurga	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revise los cierres y las conexiones de la preignición. 2. Vea si no hay una válvula de combustible defectuosa o con malas conexiones.
F70	Falsa señal de llama durante la espera (<i>Standby</i>)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vea que no exista llama en la cámara de combustión. 2. Revise el amplificador de la señal de llama. 3. Revise el detector de llama. 4. Revise las conexiones del detector de llama.
F73	Cierre de preignición abierto durante la espera	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revise las conexiones o cierres de preignición. 2. Vea si hay alguna válvula de combustible defectuosa o con malas conexiones.
F81	Cierre de preignición intermitente	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revise los cierres y las conexiones de preignición. 2. Inspeccione los contactos de los cierres de preignición.
F82, F83, F85, F86, F87	Control/límite del quemador intermitente	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revise los límites y las conexiones de control del quemador. 2. Inspeccione el control del quemador y los contactos de límite.
F84	Circuito de paro/operación intermitente	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revise los circuitos y las conexiones de paro y operación. 2. Revise los contactos del circuito de paro y operación.
F90	Falla del módulo de programación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Remueva y vuelva a instalar el módulo de programa PM70 y vuelva a conectar el CB70. 2. Reemplace el módulo PM70. 3. Reemplace el CB70.
F97	Falla de sincronización (frecuencia de líneas)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vuelva a conectar el CB70. 2. Revise la frecuencia de las líneas de corriente. 3. Asegúrese de haber usado el módulo PM70 correcto.
F99	Falla de circuitos internos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vea que estén bien las conexiones de la base. 2. Asegúrese que las terminales 5,6 y 7 no estén recibiendo corriente externa o tengan cortocircuito. 3. Remueva y vuelva a instalar el módulo PM70 y conecte el CB70. 4. Reemplace el módulo PM70. 5. Vuelva a conectar el CB70, si aparece de nuevo el código F99, reemplace el CB70.

Fuente: Cleaver Brooks. *Manual de operación y mantenimiento de calderas*. p. 49.

