



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

**DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA CALDERAS
PIROTUBULARES CLEAVER BROOKS DE UNA INSTITUCIÓN
HOSPITALARIA**

Angel René Cordón Adqui

Asesorado por el Ing. Roberto Guzmán Ortiz

Guatemala, noviembre de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA CALDERAS
PIROTUBULARES CLEAVER BROOKS DE UNA INSTITUCIÓN
HOSPITALARIA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN
PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR:

ANGEL RENE CORDON ADQUI
ASESORADO POR EL ING. ROBERTO GUZMAN ORTIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE LA JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|-------------------|----------------------------------|
| DECANO | Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos |
| EXAMINADOR | Ing. Juan José Peralta Dardón |
| EXAMINADOR | Ing. César Ernesto Urquizu Rodas |
| EXAMINADOR | Ing. Carlos Alex Olivares Ortiz |
| SECRETARIA | Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas |

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA CALDERAS PIROTUBULARES CLEAVER BROOKS DE UNA INSTITUCIÓN HOSPITALARIA,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica industrial, octubre de 2005.



Angel René Cordón Adqui

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE
GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 15 de marzo de 2007

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

Señor Director:

Atentamente me dirijo a usted, para hacer constar de su conocimiento que he asesorado el informe final de Tesis del estudiante Ángel René Córdón Adqui, titulado: DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA CALDERAS PIROTUBULARES CLEAVERS BROOKS DE UNA INSTITUCIÓN HOSPITALARIA; dejo constancia de aprobación para proceder a la autorización del respectivo trabajo.

Agradeciendo la atención que sirve dar a la presente me suscribo de usted.

Atentamente,


Ing. Roberto Guzmán Ortiz
Asesor de Tesis
No. colegiado activo 4465

Roberto Guzmán Ortiz
INGENIERO MECANICO
Colegiado No. 4,485

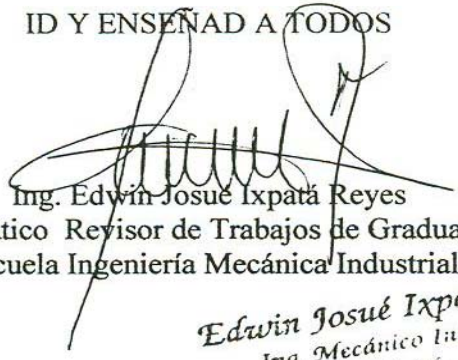
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA CALDERAS PIROTUBULARES CLEAVERS BROOKS DE UNA INSTITUCIÓN HOSPITALARIA**, presentado por el estudiante universitario **Angel Rene Cordon Adqui**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Edwin Josué Ixpatá Reyes
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Edwin Josué Ixpatá Reyes
Ing. Mecánico Industrial
Colegiado No. 7124

Guatemala, mayo de 2007.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

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 DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA CALDERAS PIROTUBULARES CLEAVERS BROOKS DE UNA INSTITUCIÓN HOSPITALARIA**, presentado por el estudiante universitario **Angel René Cordón Adqui**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo

ID Y ENSEÑAR A TODOS


Ing. José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR
Escuela Mecánica Industrial



Guatemala, noviembre de 2007.

/mgp

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Que me ha ayudado en mantenerme en el camino correcto, superando metas en cada paso que doy.
- Mis padres** Edin Rene Cordón Moya
Guillermina Adqui de Cordón
Lo mejor que Dios me pudo dar, han sido el mejor ejemplo de emprender una familia, y como dar lo mejor para sus hijos.
- Mis hermanos** Edy Estuardo y Bianka Arellis, por su apoyo incondicional, que Dios los bendiga.
- Mis amigos** Por los momentos compartidos, los desvelos, las angustias y todos los problemas que surgieron, pero con ellos todos se solucionaron.
- La Universidad de San Carlos de Guatemala** Por ser la casa que me ha formado como futuro profesional en la investigación y en la ingeniería, para contribuir al desarrollo del país.

ACTO QUE DEDICO A:

| | |
|---------------------|--|
| Dios | Fuente de vida y amor. |
| Mis padres | Rene Cordón Guillermina Adqui de Cordón |
| Mis hermanos | Edy Estuardo y Bianka Burda Arellis. |
| Mis abuelos | Ambrosio Adqui, Venancia Che Juan Cordón Feliciano Moya |
| Mis tíos | En general |
| Mis primos | En general |
| Mis amigos | En general |
| Mi patria | Guatemala |

ÍNDICE GENERAL

| | |
|-------------------------------|------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES | VII |
| GLOSARIO..... | IX |
| RESUMEN..... | XI |
| OBJETIVOS..... | XVII |
| INTRODUCCIÓN..... | XIX |

1. ANTECEDENTES

| | |
|--|----|
| 1.1 Unidades de servicio de apoyo..... | 1 |
| 1.1.1 Descripción de las unidades..... | 1 |
| 1.1.1.1 Unidad de lavandería..... | 2 |
| 1.1.1.2 Unidad de alimentación..... | 2 |
| 1.1.1.3 Central de equipos..... | 2 |
| 1.1.1.4 Calentamiento del agua..... | 2 |
| 1.1.2 Distribución en Planta de las unidades. | 3 |
| 1.1.3 Estructura organizacional..... | 3 |
| 1.2 Proceso de secado y planchado..... | 5 |
| 1.3 Proceso de esterilización..... | 6 |
| 1.4 Proceso de cocción de alimentos..... | 7 |
| 1.5 Calderas pirotubulares..... | 7 |
| 1.5.1 Principios de funcionamiento..... | 10 |
| 1.5.2 Partes principales..... | 10 |

| | | |
|---------|---|----|
| 1.6 | Accesorios y equipos..... | 13 |
| 1.6.1 | Motores eléctricos..... | 14 |
| 1.6.1.1 | Funcionamiento..... | 14 |
| 1.6.1.2 | Partes principales..... | 14 |
| 1.6.2 | Compresores..... | 15 |
| 1.6.2.1 | Funcionamiento..... | 15 |
| 1.6.2.2 | Partes principales..... | 15 |
| 1.6.3 | Bombas de desplazamiento positivo..... | 16 |
| 1.6.3.1 | Funcionamiento..... | 16 |
| 1.6.3.2 | Partes principales..... | 17 |
| 1.6.4 | Controladores | 17 |
| 1.6.4.1 | Controladores térmicos..... | 17 |
| 1.6.4.2 | Controladores de presión..... | 17 |
| 1.6.4.3 | Controladores de combustible..... | 18 |
| 1.6.4.4 | Controladores de agua..... | 20 |
| 1.7 | Red de distribución de vapor..... | 21 |
| 1.7.1 | Especificaciones generales de tuberías..... | 21 |
| 1.8 | Combustibles..... | 21 |
| 1.8.1 | Bunker..... | 22 |
| 1.8.2 | Gas | 22 |
| 1.8.3 | Aceite..... | 22 |
| 1.8.4 | Diésel..... | 23 |
| 1.9 | Aditivos para combustibles..... | 23 |

2. EVALUACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL DE LA MAQUINARIA Y SUMINISTRO DE VAPOR

| | |
|--|----|
| 2.1 Antecedentes de la Maquinaria..... | 25 |
| 2.1.1 Tiempo de vida de la maquinaria..... | 25 |
| 2.1.2 Funcionamiento actual..... | 25 |
| 2.2 Condiciones actuales de la maquinaria..... | 26 |
| 2.2.1 Consumo de combustible por hora | 26 |
| 2.2.2 Cantidad de vapor generado por hora..... | 27 |
| 2.2.3 Análisis de los dispositivos en mal estado..... | 28 |
| 2.2.4 Descripción de la capacidad instalada | 28 |
| 2.3 Operación de la caldera.. | 29 |
| 2.3.1 Flujograma de las actividades necesarias para llevar a cabo la operación..... | 29 |
| 2.4 Condiciones actuales de la tubería | 33 |
| 2.4.1 Material de la tubería..... | 33 |
| 2.4.2 Aislamiento térmico de la tubería..... | 34 |
| 2.4.3 Medidas de la tubería..... | 36 |
| 2.4.4 Condiciones actuales de la tubería..... | 36 |

3. PROPUESTA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

| | | |
|-------|---|----|
| 3.1 | Conceptos fundamentales de mantenimiento de máquinas..... | 39 |
| 3.1.1 | Mantenimiento de máquinas..... | 39 |
| 3.1.2 | Objetivos del mantenimiento..... | 40 |
| 3.1.3 | Clases de mantenimiento..... | 41 |
| 3.1.4 | Importancia del mantenimiento preventivo para calderas..... | 43 |
| 3.2 | Cronograma de actividades necesarias para llevar a cabo el mantenimiento preventivo..... | 44 |
| 3.3 | Manual de procedimientos del plan de mantenimiento preventivo..... | 48 |

4. PROPUESTA PARA LA IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO.

| | | |
|-------|--|----|
| 4.1 | Estructura del plan de mantenimiento preventivo..... | 63 |
| 4.1.1 | Planeación..... | 63 |
| 4.1.2 | Organización..... | 74 |
| 4.1.3 | Dirección..... | 75 |
| 4.1.4 | Control..... | 76 |

5. ASPECTOS A CONSIDERAR PARA EL MEJORAMIENTO.

| | | |
|-----|--------------------------|----|
| 5.1 | Monitoreo del plan | 83 |
| 5.2 | Evaluación del plan..... | 86 |

| | |
|-----------------------------|-----------|
| CONCLUSIONES | 91 |
| RECOMENDACIONES..... | 93 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 95 |
| ANEXOS..... | 97 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|----|---|----|
| 1 | Vista de planta de las unidades de servicio de apoyo..... | 3 |
| 2 | Organigrama de la institución..... | 4 |
| 3 | Funcionamiento de una caldera pirotubular | 7 |
| 4 | Partes principales de una caldera pirotubular CB..... | 13 |
| 5 | Presurestol..... | 18 |
| 6 | Controlador de combustible..... | 19 |
| 7 | Circuito de combustible..... | 20 |
| 8 | Controlador de agua para calderas..... | 20 |
| 9 | Cámara de agua de la caldera pirotubular | 27 |
| 10 | Materiales utilizados para el aislamiento térmico | 35 |
| 11 | Curva costo mantenimiento | 40 |

TABLAS

| | | |
|-------|--|----|
| I. | Distintas expresiones de la capacidad de una caldera..... | 9 |
| II. | Número de serie de las calderas CB que existen en el mercado... .. | 10 |
| III. | Representación de los símbolos utilizados en el flujograma..... | 30 |
| IV. | Operaciones necesarias para el mantenimiento y la frecuencia..... | 45 |
| V. | Programación de la caldera c.1..... | 57 |
| VI. | Programación de la caldera c.2. | 61 |
| VII. | Análisis de Pareto..... | 70 |
| VIII. | Cronograma de actividades..... | 73 |

GLOSARIO

| | |
|-----------------------------|---|
| Ácido | Es un químico que ocasiona un ph por debajo de Siete(7). |
| Agua blanda | Agua tratada, que no posee dureza. |
| Acuatubular | 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 calor, llevar a cabo el proceso de evaporización de la misma a altas presiones. |
| Agua Cruda | Agua que aún no ha sido tratada. |
| Agua de alimentación | Agua que alimenta la caldera, puede ser: cruda, condensada o tratada. |
| Autoclave | Es un equipo diseñado para desintegrar todo tipo de vida micro orgánica existente en el equipo quirúrgico. |
| Base | Es un químico que ocasiona un estado alcalino en el agua, es decir, su ph es superior a 7 |
| Boquilla | Parte del quemador que atomiza el combustible para llevar el proceso de combustión de una manera eficiente. |

| | |
|----------------------|--|
| Bunker | Es un combustible derivado del petróleo, que es más rustico que la gasolina, su proceso de elaboración es más rápido y económico, y por ende su precio también lo es en comparación con otro derivado del petróleo como lo es la gasolina. |
| Carcaza | Es la parte superficial que cubre el quemador y los pasos de la caldera, es lo que separa el hogar de la cámara de agua. |
| Caudalímetro | Es un instrumento de medición que es capaz de medir la cantidad en volumen de un fluido en cierto tiempo, es decir es un medidor de caudal. |
| Control de ph | Es un control que se hace para estimar si un químico es ácido o base. |
| Cromato | Químico utilizado para prevenir la corrosión al sistema. |
| Difusor | Es un equipo que reduce la presión de un fluido a través de la reducción gradual de su diseño, aumentando la velocidad al flujo. |

| | |
|--------------------------------|--|
| Estator | Parte estacionaria de un motor eléctrico que en combinación con el rotor, forman un campo magnético que hace que estos funcionen transformando la energía eléctrica en energía mecánica. |
| Evaporización | Es un proceso de calentamiento que hace que el agua cambie de estado líquido a estado gaseoso |
| Fosfatos y polifosfatos | Químicos que previenen la formación de incrustaciones y óxido en el sistema. |
| Fotocelda | Es un interruptor eléctrico que se acciona a través de la emisión de electrones en forma de luz. |
| Flujograma | Es un diagrama que se utiliza para describir un proceso. |
| Golpe de Ariete | Es un golpe que hace el vapor condensado a las tuberías a altas presiones, lo cual 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 y válvulas etc. que generan el deterioro de la maquinaria, formando óxidos, u ácidos que deterioran la superficie en donde se alojan. |
| Instrumentos quirúrgicos | Equipo médico utilizado para llevar a cabo operaciones con seres humanos. |
| Monitoreo | Grupo de actividades que proporcionan información del estado de la maquinaria y del mantenimiento, requeridas por los especialistas en este tipo de maquinaria. |
| Neumática | Ciencia que estudia sistemas de aire comprimido, para ejercer trabajo. |
| Programador | Parte de la caldera, que toma decisiones a través de variables de entrada como lo son la presión, la temperatura, etc.y de esta manera dar impulsos eléctricos a los demás dispositivos para que éstos funcionen adecuadamente, y proporcionen el servicio para el que fueron diseñados. |
| Purga | Pérdida determinada de agua en el sistema de la caldera. |

| | |
|-------------------|---|
| Ph | Determina la acidez o alcalinidad del agua. |
| Quemador | Elemento de la caldera, que se encarga de llevar a cabo el proceso de combustión. |
| Serpentín | Tubería que cuando un fluido pasa a través de ésta, el fluido tiende a ejercer movimientos iguales (ciclos) para determinada función. |
| Termostato | Regulador de temperatura del agua en un sistema. |
| Válvula | Es un accesorio de las tuberías que evita o deja pasar cualquier fluido, con el objetivo de regular las propiedades de un fluido. |

RESUMEN

La elaboración de un plan de mantenimiento produce un bien real, que puede resumirse en: capacidad de producir con calidad, seguridad y rentabilidad.

Para nadie es un secreto la exigencia que plantea una economía globalizada, mercados altamente competitivos y entorno variable en donde la velocidad de cambio sobrepasa en mucho nuestra capacidad de respuesta. En la primera parte de este trabajo se presenta las generalidades de una institución hospitalaria en donde se da a conocer la constitución de la misma en nuestro país.

Particularmente, la imperativa necesidad de redimensionar el hospital implica para el mantenimiento retos y oportunidades que merecen ser valorados, es por ello que para dar un buen plan de mantenimiento, es necesario conocer lo que ocasionaría el no aplicar el mantenimiento a la maquinaria, esto se describe mejor en el capítulo dos.

La labor del departamento de mantenimiento está relacionada muy estrechamente, en la prevención de accidentes y lesiones en el trabajador, ya que tiene la responsabilidad de mantener en buenas condiciones, la maquinaria y herramienta, equipo de trabajo, lo cual permite un mejor desenvolvimiento y seguridad evitando en parte riesgos en el área laboral, esto se presenta con más detalle en el capítulo tres.

La parte final de este trabajo, se presenta la estructura del proceso administrativo, que va desde la planificación hasta el control del plan, describiendo el uso de documentación necesaria para llevar mejor la implantación del proyecto y las técnicas de monitoreo del plan, que son necesarias para conocer si realmente se están cumpliendo con los objetivos propuestos.

OBJETIVOS

GENERAL

- Proponer un plan de mantenimiento preventivo de calderas pirotubulares Cleaver-Brooks de una institución hospitalaria.

ESPECÍFICOS

1. Describir las unidades más comunes en una institución hospitalaria que hacen uso del vapor, para funcionar eficientemente.
2. Caracterizar las partes fundamentales de una caldera pirotubular.
3. Describir las ventajas y desventajas de aplicar mantenimiento preventivo.
4. Elaborar herramientas de control para el mantenimiento.
5. Crear un manual de procedimientos, el cual conlleve la descripción de los pasos a seguir para llevar a cabo el mantenimiento.
6. Elaborar una herramienta de trabajo que sirva de guía para la elaboración del mantenimiento preventivo de la maquinaria.

INTRODUCCIÓN

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

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

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

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

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

El trabajo que a continuación se presenta, fue elaborado de manera que al ser leído e interpretado se sepa conocer su realismo y veracidad, además se representa la importancia que tiene el uso de calderas pirotubulares, en instituciones hospitalarias, y de cómo estas son necesarias para el ahorro de insumos en la unidades de servicio que necesitan del vapor.

1. ANTECEDENTES

El hacer mantenimiento con un concepto actual no implica reparar equipo tan pronto como se pueda sino mantener el equipo en operación a los niveles especificados. En consecuencia, buen mantenimiento no consiste en realizar el trabajo equivocado en la forma más eficiente; su primera prioridad es prevenir fallas y de este modo reducir los riesgos de paradas imprevistas.

El mantenimiento no empieza cuando los equipos e instalaciones son recibidos y montados, sino en la etapa inicial de todo proyecto y continúa cuando se formaliza la compra de aquellos y su montaje correspondiente.

1.1 Unidades de servicio de apoyo

Estas son unidades que dentro de la institución, necesitan del vapor para poder ejercer sus funciones de una manera eficiente.

1.1.1 Descripción de las unidades

Entre estas unidades de servicio, podemos citar la unidad de lavandería, la unidad de alimentación y central de equipos, estas unidades se describen a continuación:

1.1.1.1 Unidad de Lavandería

Esta unidad es la encargada de lavar, planchar y desinfectar la ropa sucia, que se ha utilizado y ha de utilizarse nuevamente, para dar vestido a pacientes, personal operativo y otros, esta unidad necesita del vapor para poder llevar a cabo el proceso de secado y lavado en ciertas ocasiones.

1.1.1.2 Unidad de alimentación

Esta unidad, se encarga de abastecer con alimentación a pacientes y ha personal operativo, pero para funcionar de una manera eficiente, (es decir aprovechando bien los recursos disponibles), necesita del vapor para llevar a cabo el proceso de cocción de alimentos, de una manera menos costosa.

1.1.1.3 Central de equipos

Esta es una de las unidades más importantes que necesita del vapor para funcionar eficientemente, esta unidad se encarga de esterilizar equipos e instrumentos quirúrgicos, con lo cual se evitan infecciones de cualquier tipo, y de esta manera poderlos utilizar nuevamente.

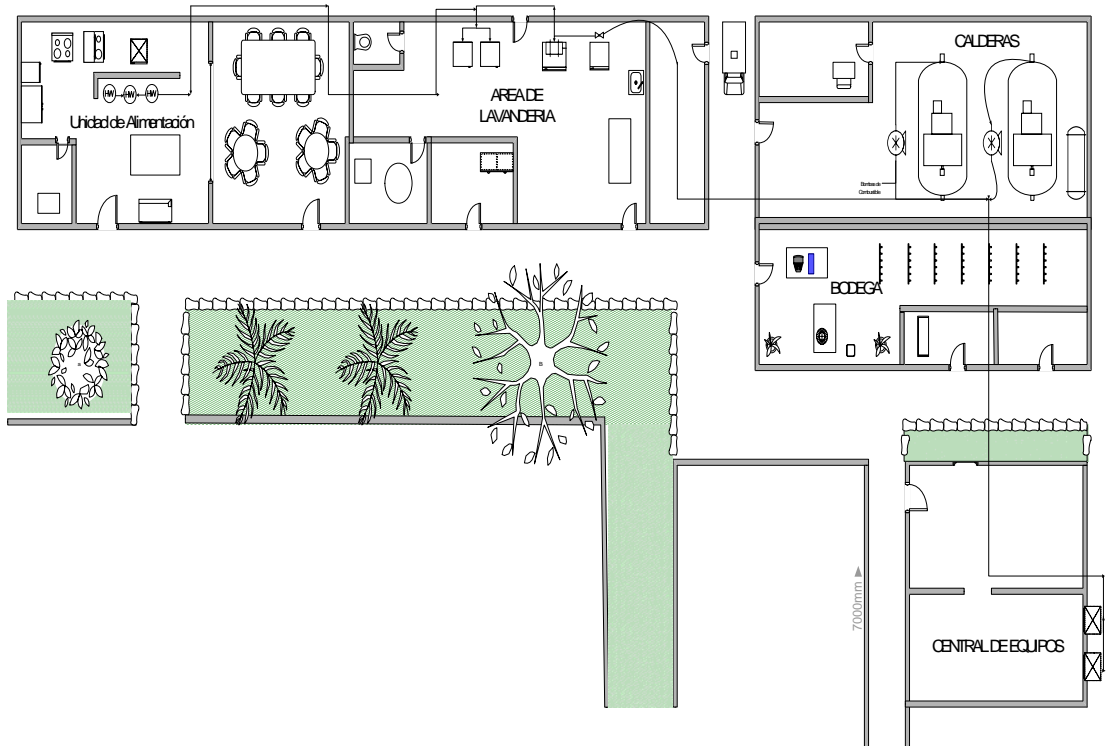
1.1.1.4 Calentamiento del agua

Esta unidad es la encargada de abastecer a otras unidades de servicio, con agua caliente, y para ello utiliza tanques de condensación, muchas veces alimentados por la tubería de retorno de vapor, el vapor condensado regresa a los tanques, y este mismo sirve para brindar el servicio de agua caliente.

1.1.2 Distribución en planta de las unidades

La distribución en planta de las áreas y unidades de servicio de apoyo se describen mejor en la siguiente figura.

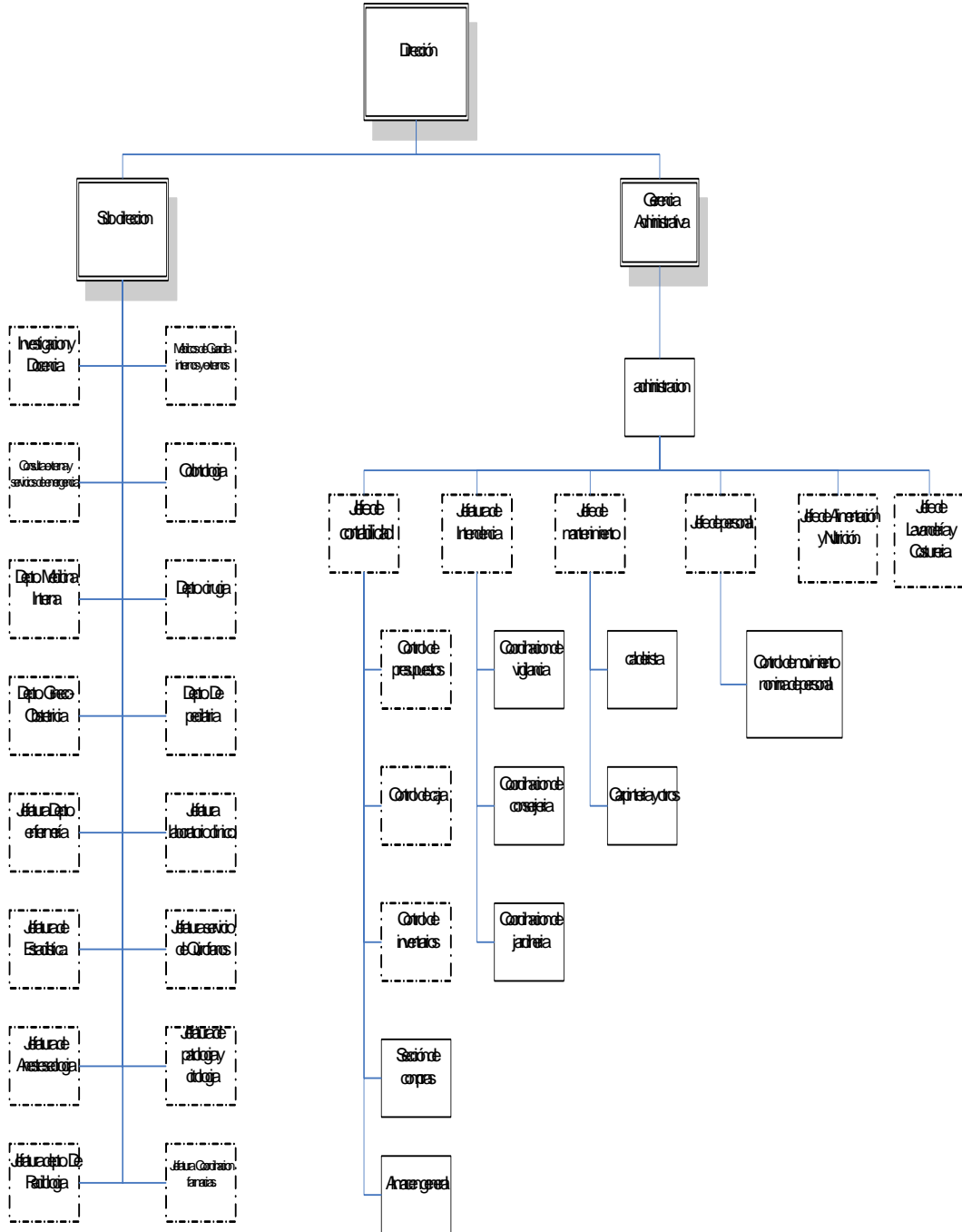
Figura 1. Vista de planta de las unidades de servicio de apoyo.



1.1.3 Estructura organizacional

La estructura organizacional se divide en dos áreas, las cuales son la del área de medicina y la de administración financiera, la estructura organizacional se describe mejor en la figura 2.

Figura 2. Organigrama de la institución



1.2 Proceso de secado y planchado

1.2.1 Proceso de Secado

Este proceso se da en la unidad de lavandería; porque se necesita de ropa seca y limpia constantemente, y para ello el vapor a una presión entre 60-120 psi después de pasar por unos serpentines, este se calienta, y al ser liberado en la cámara de secado, se adhiere a la ropa húmeda, y de esta manera lleva a cabo el proceso de secado.

1.2.2 Proceso de Planchado

Para este proceso se pueden utilizar planchadoras y calandrias, las primeras son equipos electromecánicos que están diseñados para proveer de un método de planchado a presión, controlable, exacto y rápido, este equipo consta de un cabezal estacionario con su superficie forrada y sobre el cual se coloca la pieza a ser planchada. El cabezal móvil (el superior) es de metal pulido, usualmente acero inoxidable y calentado internamente con vapor. Una mesa metálica, debajo del cabezal estacionario inferior sirve de superficie de trabajo e impide que el artículo se ponga en contacto con otras partes de la máquina.

La calandria es una máquina de rodillos cuyo funcionamiento es electromecánico, se utiliza para el planchado de artículos como sábanas, cobijas, toallas en general para todos aquellos artículos planos de tamaño considerable. Estos equipos se clasifican según el número de rodillos de los mismos; siendo los más comunes los de 1, 4,6 y 8 rodillos. Su capacidad de trabajo aumenta considerablemente según el número de rodillos.

1.3 Proceso de esterilización

Este término es sinónimo de desinfección, pero de una extensión mayor; pues implica la destrucción de todas las formas de vida presentes sobre un cuerpo y dentro del mismo. Desde el punto de vista microbiológico, una sustancia es estéril cuando está libre de todos los microorganismos vivientes patógenos.

Tipos de esterilización:

Actualmente se dispone de varios métodos para el proceso de esterilización, pero enfocaremos nuestro estudio en los métodos utilizados en esta institución:

A. Esterilización eléctrica

B. Esterilización a Vapor

A. Esterilización Eléctrica:

En este proceso no se usa vapor directo para la esterilización, sino por medio de una resistencia se evapora el agua caliente que está entrando al esterilizador y de ésta forma produce el vapor necesario para el proceso de esterilización.

B. Esterilización a vapor:

Son varios los factores que han hecho que el vapor saturado sea considerado el agente más seguro en la esterilización de los tejidos.

Las propiedades físicas del vapor saturado pueden ser fácilmente medidas, pudiéndose apreciar sus características microbicidas, mediante la simple lectura de un manómetro y un termómetro.

El vapor se condensa al ponerse en contacto con los objetos fríos, calentándolos y humedeciéndolos al mismo tiempo, proporcionándoles de ésta forma los dos elementos que se precisan para la destrucción de las bacterias que son el calor y la humedad.

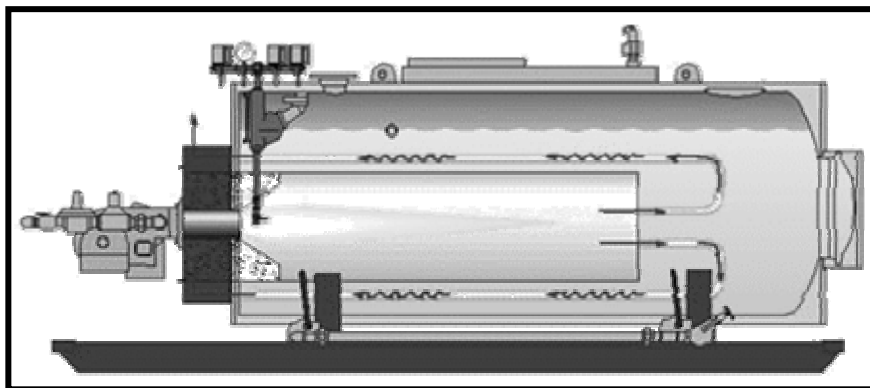
1.4 Proceso de cocción de alimentos

Este proceso se lleva a cabo, al cocer los alimentos por medio de vapor, en equipos especiales llamadas marmitas (Son ollas calentadas a vapor, montadas en una base propia.), entre podemos mencionar las volcables y fijas.

1.5 Calderas pirotubulares

Las calderas son equipos diseñados y contruidos para generar vapor a presión, que esta puede hacer producir fuerza en procesos industriales, calefacción, esterilización, etc. En estas calderas, los gases de combustión son obligados a pasar por el interior de unos tubos, que se encuentran sumergidos en la masa de agua. Todo el conjunto, agua y tubo de gases, se encuentra rodeado por una carcasa exterior. Los gases calientes, al circular por los tubos, ceden calor, el cual se transmite a través de los tubos, y posteriormente al agua.

Figura 3. Funcionamiento de una Caldera pirotubular



Fuente: www.Olmar.com diseño de calderas pirotubulares

La presión de trabajo normalmente no excede los 285 psi, ya que a presiones más altas obligarían a espesores de carcasa demasiados grandes. Su producción de vapor máxima se encuentra alrededor de 13.88 lbs/hr

Las calderas pirotubulares se clasifican en:

- a) Para combustibles líquidos (Calderas de hogar integral y Calderas compactas con tubo hogar)
- b) Para combustibles gaseosos

Ventajas respecto de las Acuatubulares:

Menor costo inicial debido a su simplicidad de diseño.

Mayor flexibilidad de operación

Menores exigencias de pureza en el agua de alimentación.

Inconvenientes respecto de las Acutatubulares:

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

Las calderas pirotubulares se utilizan en presiones de hasta 500 psi, el calor circula por los tubos y el agua esta alrededor, estas calderas se utilizan comúnmente en:

- Industrias de alimentos
- Industrias Farmacéuticas
- Textiles.
- Hoteles, hospitales, etc.

La caldera pirotubular Cleaver-Brooks es de una cámara de combustión de construcción de acero soldado y consiste en un receptáculo de presión, quemador, controles de quemador, ventilador de aire a presión, registro, bombas de aire, refractario y componentes asociados.

La Capacidad:

La capacidad de una caldera puede expresarse de la siguiente manera:

Tabla I. Distintas expresiones para la capacidad de una caldera.

| |
|--|
| BTU (unidad térmica británica) |
| Hp (Horse power o caballos de fuerza) |
| <u>kilogramos de vapor</u> hora |
| <u>Libras de vapor</u> hora |

La clasificación de la capacidad de caballos de fuerza de las calderas pirotubulares CB se indican por los números que siguen la serie de combustibles tabla No. II, por ejemplo una caldera CB700-200 significa que es una caldera de gas y que es de 200 hp.

1.5.1 Principios de funcionamiento

El vapor es generado por la aplicación de calor(convección, radiación, conducción), procedente de una fuente externa. El agua es alimentada por gravedad en calderas pequeñas, o por bomba de alimentación en calderas grandes. El vapor se aloja en la parte más alta de la caldera, es decir en la cámara de vapor, por diferencia de densidades entre el agua y el vapor.

1.5.2 Partes principales

Para conocer las partes principales de una caldera pirotubular Cleaver brooks, primero debemos de conocer las diferentes series que existen, los cuales se presentan a continuación:

Tabla II. Números de serie de calderas CB que existen en el mercado

| Número de Serie | Tipo de Combustible |
|-----------------|----------------------------|
| Serie 100 | Aceite Liviano |
| Serie 200 | Aceite Liviano o gas |
| Serie 300 | Aceite pesado o gas |
| Serie 400 | Aceite + pesado o gas |
| Serie 500 | Aceite pesado solamente |
| Serie 600 | Aceite + pesado solamente |
| Serie 700 | Gas solamente |
| Serie 800 | Aceite pesado #4 solamente |
| Serie 900 | Aceite pesado #4 o gas |

Fuente: Manual de operación de calderas CB pag. 4

Las partes principales de una caldera pirotubular Cleaver Brooks (CB) se describen a continuación:

a) Cámara de vapor:

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

b) Cámara de agua:

Esta comprendida por el cuerpo de la caldera, herméticamente sellado que aloja el agua necesaria para la generación de vapor, a un nivel determinado por un guarda nivel.

c) Válvulas de purga:

Estas están diseñadas para extraer sedimentos y natas que se encuentren en el agua de la caldera, estas se encuentran en la tubería de retorno, en la parte de alimentación y en la parte inferior de la misma.

d) Hogar:

Es el lugar donde se origina la combustión, irradiando luz y calor a las superficies de calefacción, para ser transmitido a la cámara de agua, su construcción es de material resistente al calor, entre ellos se puede mencionar ladrillos refractarios, cemento refractario, fibra de vidrio y ciertos polímeros resistentes al calor entre otros.

e) Tubos de Fuego:

Estos permiten la circulación de los gases de combustión en el lado de fuego, constituyen parte del área de calefacción.

f) Chimenea:

Esta permite la evacuación de los gases de combustión hacia la atmósfera.

g) Pasos:

Es el cambio de dirección que sufren los gases de combustión dentro de la cámara de combustión, pudiéndose ser las calderas normalmente de uno, dos, tres y cuatro pasos.

h) Quemador:

Son el conjunto de piezas que permiten realizar la combustión, entre estas podemos mencionar: Boquillas, difusor, cañón, electrodos de ignición, cables de ignición, transformador de ignición.

i) Instrumentos de Medición:

Entre estos podemos citar: manómetros, termómetros, termostatos, caudalímetros, reguladores de presión, sensores eléctricos, el programador, entre otros.

j) Control de Combustión:

Este control permite que el ciclo de funcionamiento empiece en fuego bajo y alcanzada una determinada presión pase a fuego alto, y después de abastecer y producir la cantidad de vapor requerido, esta automáticamente se apaga, generando mensajes en el computador.

k) Válvulas de Seguridad:

Ubicadas en la parte alta de la caldera, sirve para liberar el exceso de vapor generado, considerado por una falla en el control de presión de vapor. La capacidad de liberación del vapor deberá ser 16% mayor que la capacidad de generación de vapor de la caldera.

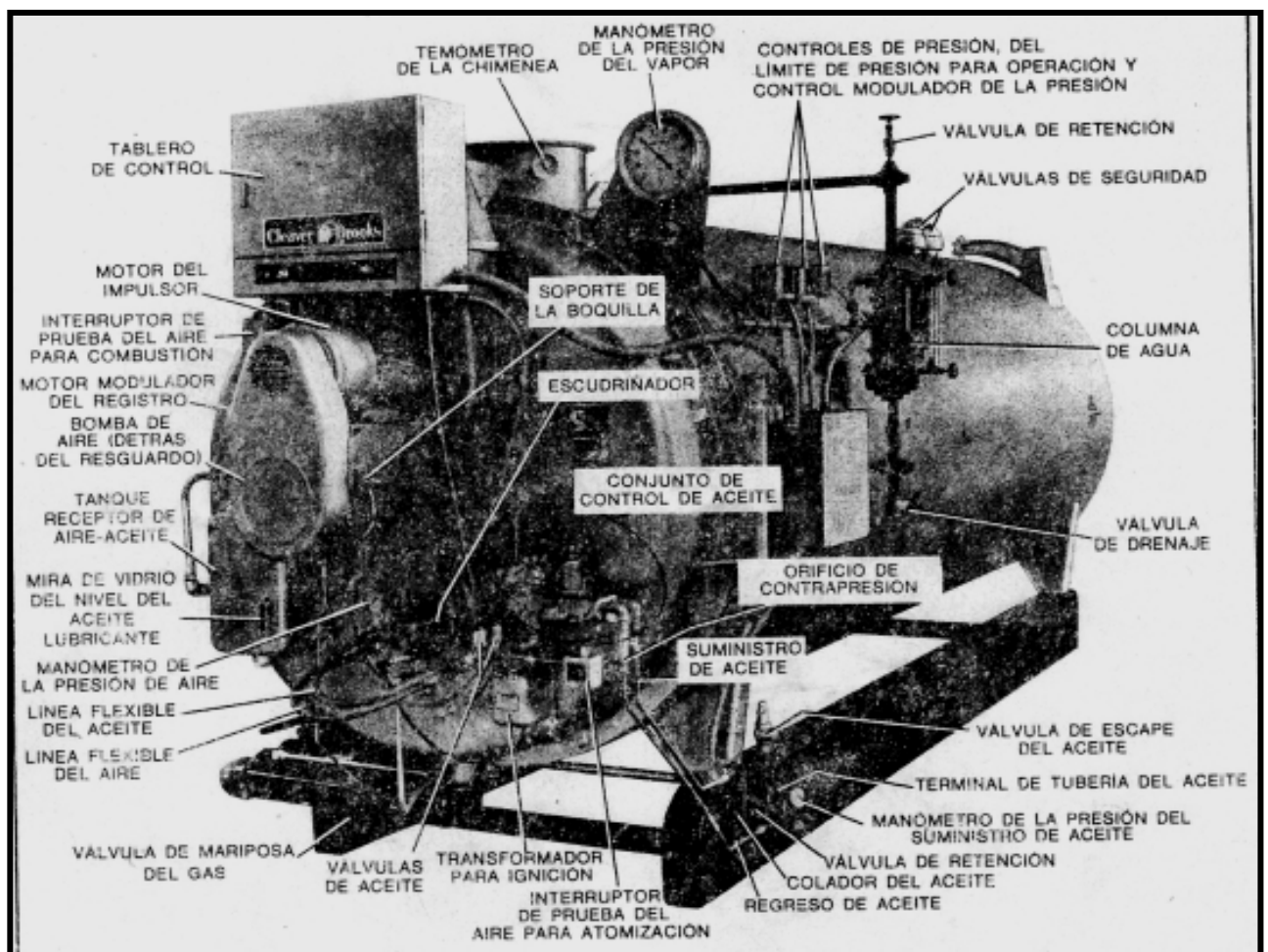
l) Programador:

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

1.6 Accesorios y equipos

La caldera utiliza un conjunto de dispositivos y accesorios, necesarios para su buen funcionamiento, entre estos dispositivos podemos mencionar: motores eléctricos, compresores, bombas de agua, controladores.

Figura 4. Partes Principales de una Caldera Piro tubular CB



Fuente: Manual de operación de Calderas CB Pág. 15

1.6.1 Motores Eléctricos

El motor eléctrico es una máquina que puede convertir la electricidad en un movimiento rotatorio, con el objeto de que efectúe un trabajo útil.

1.6.1.1 Funcionamiento

En un motor la energía eléctrica hace girar el inducido y éste, a su vez, acciona una carga mecánica a través de un sistema consistente en correas o engranajes.

El funcionamiento básico de un motor es parecido con el funcionamiento de un galvanómetro, el cual es un aparato de medición. Este instrumento tiene una bobina suspendida entre los polos de un imán en herradura. Cuando pasa corriente por la bobina, la bobina misma hace las veces de imán y es desplazada en movimiento de rotación por la fuerza que se produce entre dos campos magnéticos.

Los motores eléctricos se utilizan para la compresión de aire, en la bomba de combustible, en las bombas de agua etc., estos por lo regular son motores monofásicos que pueden funcionar tanto con 120 voltios como con 240 voltios, de varias capacidades de $\frac{3}{4}$ hp. $\frac{1}{2}$ hp.

1.6.1.2 Partes principales

Los motores eléctricos generalmente están constituidos de las siguientes partes: una fija denominada "estator", que se compone de un núcleo de chapas de acero de fundición dentro del cual está introducido a presión el núcleo de chapas, y del o los arrollamientos de alambre, que van alojados dentro de las

ranuras del núcleo. El arrollamiento de alambre por lo regular es de cobre y se encuentra aislado con esmalte, y una parte dinámica o giratorio llamada rotor, que esta colocada entre el estator sostenido por los dos cojinetes.

1.6.2 Compresores

Los compresores, son máquinas neumáticas que se encargan de comprimir el aire atmosférico, para utilizarlo en un futuro en un sistema neumático.

En las calderas pirotubulares CB, se utiliza para inyectar aire a presión, para poder llevar a cabo la combustión.

1.6.2.1 Funcionamiento

El aire es absorbido de la atmósfera el cual es comprimido dentro de una cámara, que después este aire comprimido se aloja en un depósito esperando ser utilizado.

1.6.2.2 Partes Principales

Las partes principales que componen a un compresor son:

- a) La cámara de compresión por ejemplo: cilindros con pistón, cámara con ventiladores.
- b) El depósito de aire comprimido.
- c) Manómetros y filtros en la salida.

1.6.3 Bombas de desplazamiento positivo

Las bombas tienen usos muy variados en los hospitales, se encuentran en las salas de máquinas para alimentar de agua a las lavadoras, para alimentar de agua a los sistemas hidroneumáticos, para trasladar agua de un tanque a otro, y también para la alimentación de agua en las calderas, en el sistema de alimentación de agua de la caldera se utilizan por lo regular bombas reciprocantes, las cuales utilizan el vapor como energía, el sistema consiste en 2 cilindros, en un cilindro entra el vapor y en el otro pasa agua, en el primero el pistón hace las carreras por medio de admisión de vapor originando su desplazamiento, y este a la vez origina compresión del agua en el otro cilindro, dándole energía cinética.

Las bombas de combustible de gas, son pequeños compresores que comprimen el gas propano dándole presión y velocidad a las partículas del gas originando su movimiento en la tubería.

Las bombas de combustible, diésel o bunker son por lo regular bombas rotativas, estas se diferencian de la recíprocas, porque el elemento sólido que se desplaza dentro de la cámara tiene un movimiento continuo, entre estas se pueden mencionar de engranajes, de lóbulos etc.

1.6.3.1 Funcionamiento

Las bombas de desplazamiento positivo, se distinguen porque los elementos móviles de las bombas, desplazan una cantidad de fluido que es fijada por las dimensiones y por la forma del componente, contra una presión que es determinada por las alturas de descarga y de succión y además por las pérdidas debidas a la fricción en el sistema de tubería.

1.6.3.2 Partes principales

Las bombas de desplazamiento positivo consta básicamente de una cámara o espacio cerrado donde se hace pasar el agua y de un elemento sólido o embolo que se mueve dentro de la cámara. Se llama de desplazamiento positivo porque el volumen de agua obtenido en cada movimiento completo del elemento sólido, es igual al volumen desalojado por éste, independientemente de la velocidad del movimiento y de la presión o altura de descarga del agua.

1.6.4 Controladores

Los controladores son una de las partes principales para llevar a cabo el buen funcionamiento de la maquinaria, pues ellos son los que determinan si la maquinaria esta operando en buenas condiciones, y para ello se hace mención de algunos de ellos entre los cuales podemos citar:

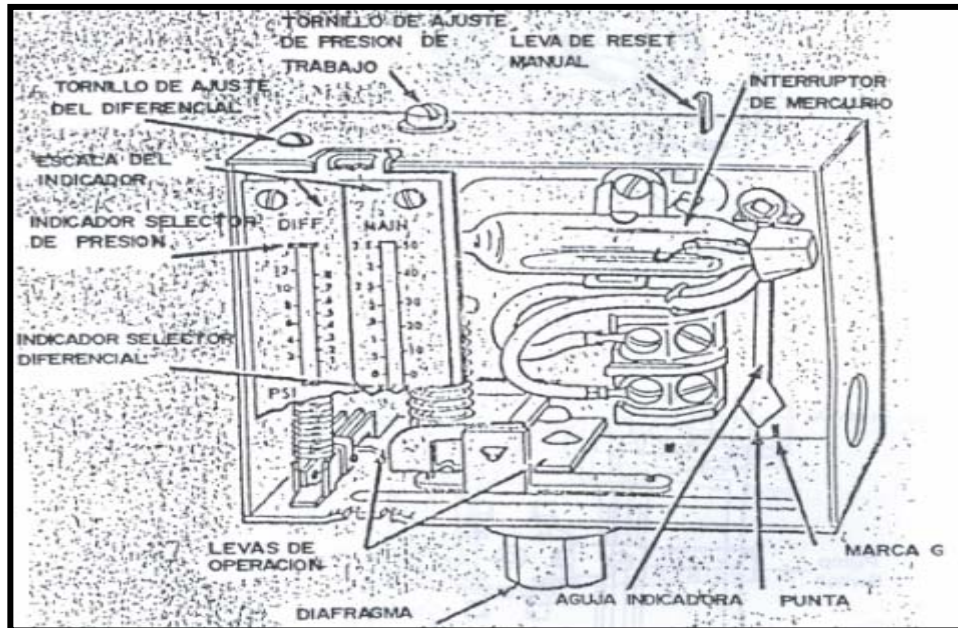
1.6.4.1 Controladores Térmicos

Estos son los que se encargan de mantener a la caldera en las condiciones en que la caldera esta graduada, es decir un incremento o una anomalía en la temperatura, el controlador mandaría una señal al registro o programador para que la caldera automáticamente se apague.

1.6.4.2 Controladores de Presión

Estos permiten mantener la presión de vapor en sus límites de operación alto y bajo, por medio de un juego de resortes y levas en conjunto con una cápsula de mercurio como interruptor eléctrico. Es necesario que toda caldera tenga un control de presión auxiliar, entre los controladores de la caldera se pueden mencionar el presurestol, que es un control de presión de vapor.

Figura 5. Presurestol esta compuesto de Interruptores de mercurio



Fuente: Manual de operación de calderas CB Pág. 20

1.6.4.3 Controladores de combustible

Los controladores de combustible, son caudalímetros que miden el caudal de combustible por unidad de tiempo que se consume en la caldera, también existen controladores de temperatura de combustible, así como también controladores de presión de combustible.

Los sistemas de combustión regulan la cantidad de flujo de combustibles y de aire en la caldera. Los propósitos principales de estos controles son:

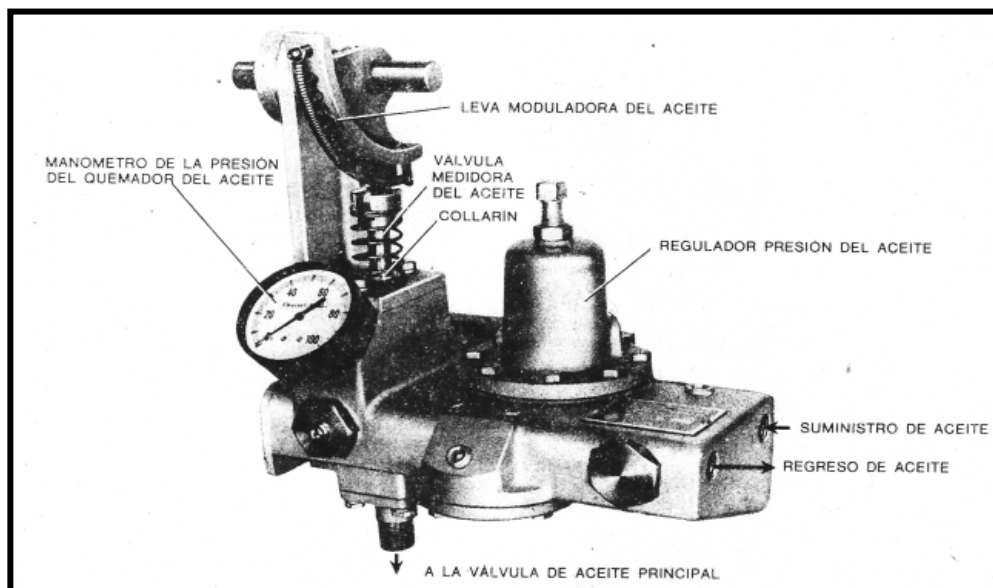
- Suministrar el calor necesario de entrada para satisfacer las demandas de vapor
- Proteger al personal y al equipo
- Reducir al mínimo la contaminación

- Minimizar el empleo de combustible

Existen seis tipos de sistemas de control de combustión para unidades que emplean un solo combustible, que cumplen los anteriores objetivos con variados grados de eficiencia. Estos tipos son:

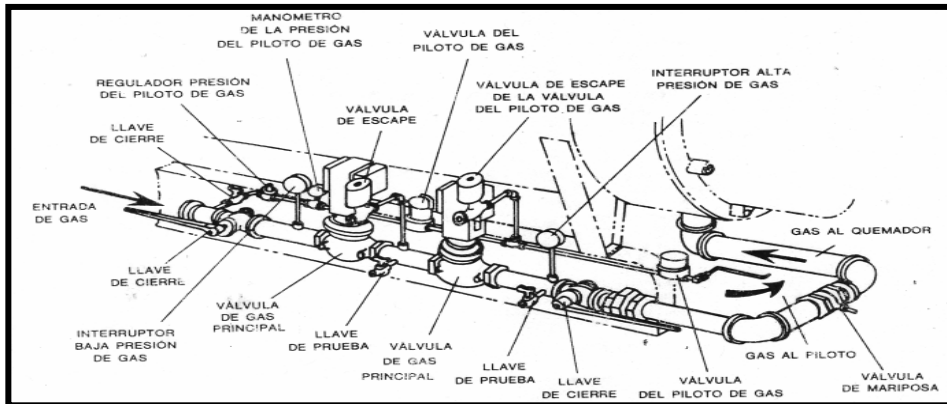
- Control de posición fija
- Control de posición paralela con reajuste por operador
- Control por relación de presiones
- Control por medición cruzada-limitada
- Control por medición de combustible y aire
- Control por corrección de oxígeno

Figura 6. Controlador de combustible, utilizado para graduar el caudal del combustible.



Fuente: Manual de operación de calderas CB pag.30

Figura 7. Circuito de combustible, para el fogueo inicial

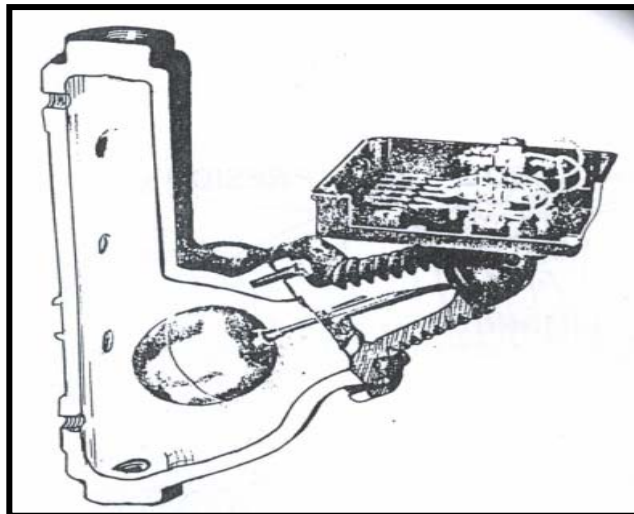


Fuente: Manual de operación de calderas CB pag.30

1.6.4.4 Controladores de agua

En el controlador de agua podemos tener manómetros, caudalímetros, medidores de nivel, y el programador, que son los que se encargan de llevar un buen control sobre el abastecimiento de agua, para llevar a cabo el proceso de evaporación de la misma. En la figura 8 se muestra un controlador de agua.

.Figura 8 Controlador de agua para calderas



Fuente: Manual de operación de calderas CB pag.22

1.7 Red de distribución de Vapor

La distribución de vapor se lleva a través de tuberías de hierro negro, la cual abastece a las unidades de servicio de apoyo, por lo regular estas tuberías son de cédula 40(No. de cédula se explican con mayor detalle en los capítulos posteriores).

1.7.1 Especificaciones generales de tuberías

Las tuberías para calderas utilizadas en esta institución son de hierro negro, con aislamiento térmico de asbesto y fibra de vidrio, con cédula 40, y entre los accesorios utilizados en estas tuberías se pueden mencionar cheques, trampas de vapor de cubeta invertida, bridas, coplas, nicles, reductores, reguladores de presión, manómetros entre otros.

1.8 Combustibles

Existen 3 tipos diferentes de combustibles para calderas pirotubulares CB, los cuales son: líquidos, sólidos, gaseosos.

Todos los combustibles líquidos son derivados del petróleo como el kerosén, diesel, bunker, gasolina, entre los sólidos se encuentran el bagazo, la leña, el carbón, etc; y entre los gaseosos están el gas propano, gas butano, gas natural.

1.8.1 Bunker

El bunker es utilizado para llevar a cabo el proceso de combustión dentro del hogar de la caldera, este lleva un proceso de precalentamiento a una temperatura de aproximadamente entre 90-120 grados centígrados, con el objetivo de mejorar la combustión con una eficiente atomización del mismo.

1.8.2 Gas

Los combustibles gaseosos están formados principalmente por hidrocarburos, es decir, compuestos moleculares de carbono e hidrógeno.

Las propiedades de los diferentes gases dependen del número y disposición de los átomos de carbono e hidrógeno de sus moléculas. Todos estos gases son inodoros en estado puro, igual que ocurre con el monóxido de carbono (tóxico) que a veces contienen. Por eso es corriente añadir compuestos de azufre al gas comercial; estos compuestos, que a veces están presentes de forma natural en el gas, tienen un olor desagradable y sirven para advertir un escape en las tuberías o en los aparatos de gas. Además de sus componentes combustibles, la mayoría de los combustibles gaseosos contienen cantidades variables de nitrógeno y agua.

1.8.3 Aceite

El aceite, también utilizado como combustible para calderas, el aceite tiene la propiedad de ser inflamable, este al atomizarlo dentro de la cámara se mezcla con el aire y el chispazo inicial genera la combustión constante, para

poder llevar a cabo el calentamiento y posteriormente la evaporización del agua dentro de la cámara.

1.8.4 Diésel

Es una mezcla de hidrocarburos obtenida por destilación fraccionada del petróleo crudo. Se emplea como combustible para motores de compresión (diesel) y para la calefacción doméstica.

En una refinería, el diesel pasa directamente a los depósitos de almacenamiento, aunque en algunos casos es necesario eliminarle el azufre.

1.9 Aditivos para combustibles

Entre los aditivos que comúnmente se utilizan para mejorar las propiedades de los combustibles podemos encontrar el FUEL SOLVE 915, el FUEL SOLVE 30, FUEL SOLVE 20, estos aditivos mejoran las propiedades de los combustibles, actuando como antiespumantes, protectores de la corrosión en las tuberías de combustible, evitando sedimentos e incrustaciones en la misma, además mejoran la propiedades esenciales para la combustión

2. EVALUACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL DE LA MAQUINARIA Y SUMINISTRO DE VAPOR

2.1 Antecedentes de la maquinaria

La maquinaria ha estado funcionando hace ya cerca de doce años, con lo cual ha brindado la generación de vapor para las distintas unidades de servicio de apoyo, por tal razón la maquinaria es esencial para el eficiente funcionamiento de dichas unidades.

2.1.1 Tiempo de vida de la maquinaria

Las calderas pirotubulares cleaver Brooks, instaladas en el centro hospitalario, tiene aproximadamente doce años de funcionamiento mencionados anteriormente, con lo cual a través del tiempo se han ido deteriorando, por tal razón el mantenimiento es tan importante, pues es el que las mantiene en buen funcionamiento; y siempre en busca de alcanzar el mejor aprovechamiento de las máquinas.

2.1.2 Funcionamiento actual

Las calderas pirotubulares, que utiliza la institución son dos calderas cleaver brooks modelo CB 600-800, con un número de serie de L-84453 y con una máxima presión de 150 psi. Estas alimentan de vapor a la unidad de lavandería, a la de alimentación y a central de equipos mencionadas en el capítulo uno.

2.2 Condiciones actuales de la maquinaria

Las calderas pirotubulares CB, se encuentran en un estado aceptable, es decir aun siguen funcionando, pero que ya no tienen la misma capacidad, que la que tenían cuando empezaban a operar, pues como todo se deteriora a través del tiempo, estas han dejado de funcionar eficientemente, pues la mayoría de los dispositivos auxiliares (manómetros, válvulas, quemador) se encuentran en mal estado, estos dispositivos se describen mejor en la sección 2.2.3.

2.2.1 Consumo de combustible por hora

Las calderas pirotubulares CB instaladas en la institución, utilizan el bunker como combustible, de la siguiente manera: la caldera esta en operación 6 horas diarias de lunes a domingo el tanque de combustible tiene la capacidad de 3000 gal, con las siguientes dimensiones: el tanque es cilíndrico con 0.61 m de radio y 1.5 m de profundidad, con lo cual en el transcurso de la semana el nivel del combustible dentro del tanque disminuye a razón de 2.54 cm por semana.

Es decir para encontrar el volumen del combustible consumido (vcc) se puede hacer de la siguiente manera:

$$V_{cc} = \pi * R * (N_o - N_f)$$

Donde:

V_{cc} = Volumen de combustible consumido

R = Radio del depósito de combustible

N_o = Nivel inicial

N_f = Nivel final

De tal manera que para encontrar el flujo de combustible consumido sería:

$$V_{cc} = \pi * (61\text{cm})^2 * \frac{2.54\text{cm}}{\text{semana}} = \frac{29692.3\text{cm}^3}{\text{semana}}$$

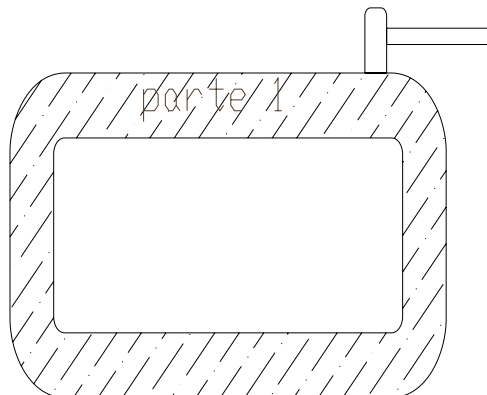
Entonces consume 29692.3 cm³ por semana, y como son 42 horas por semana entonces, el combustible consumido por hora queda de la siguiente manera:

$$\frac{29692.3\text{cm}^3}{\text{semana}} * \frac{1\text{semana}}{42\text{horas}} = \frac{706.95\text{cm}^3}{\text{hora}} = \frac{0.18\text{gal}}{\text{hora}} = \frac{0.706\text{Lt}}{\text{hora}}$$

2.2.2 Cantidad de vapor generado por hora

El vapor generado por hora, es de 10,000 kilogramos por hora, por solo una de las calderas, es decir el agua que se encuentra en la cámara de agua (parte 1 de la figura No. 9), lleva un proceso de calentamiento hasta llegar a evaporarse, y es de esta manera que se genera el vapor con alta presión, y para llevar a cabo su distribución.

Figura 9 Cámara de agua de una caldera pirotubular



EQUIVALENCIAS:

1 HP (0.745 kilowatts) hr de caldera = 15 lt. (4 gal.) de agua evaporada por hora.

1 kg (2.2 lb) de evaporación por hora = 1 lt.(0.26 gal)evaporado por hora.

1 galón de evaporación por hora = 8.34 lbs de agua por hora.

1 HP de caldera = 15 kg (33.36 lb) de agua por hora.

Rangos de Velocidades del vapor en Tuberías:

1. En tuberías de baja presión de 2500 a 4000 m/min.
2. Para altas presiones de 4000 a 5000 m/min.
3. Para vapor al vacío de 6000 a 12000 m/min.

2.2.3 Análisis de los dispositivos en mal estado

Los dispositivos que comúnmente tienden a dejar de funcionar eficientemente son válvulas, manómetros, fusibles y otros, los dispositivos en mal estado de las calderas pirotubulares CB de la institución son manómetros de presión en la administración del gas propano, las válvulas de paso de la misma alimentación, las válvulas de emergencia, y uno que otro fusible.

2.2.4 Descripción de la capacidad instalada

Las calderas pirotubulares CB de la institución, están construidas con un rango de operación entre 12 y 3.360 kw y con presiones de operación de hasta 250psi; y estas son capaces de generar arriba de 10,000 kilogramos de vapor por hora, cuando se encuentran en sus óptimas condiciones.

2.3 Operación de la caldera

Para la operación de calderas es indispensable que se tenga conocimiento necesario del tipo de caldera con que se cuenta, vertical y horizontal, el tipo de combustible que utiliza, funcionamiento componentes, etc.

La operación de una caldera se puede describir conforme al tipo y el modelo, para esta institución se describe en el flujograma siguiente:

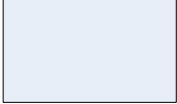



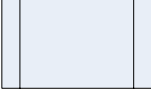
2.3.1 Flujograma de las actividades necesarias para llevar a cabo la operación

El mecanismo más indicado para el análisis de un procedimiento es el diagrama de flujo o de operaciones, aun cuando es la representación simbólica de un procedimiento administrativo, de la producción de un bien, o de la prestación de un servicio, señala los pasos fundamentales y hace comprensible las actividades, operaciones, decisiones y ramificaciones de los procedimientos.

Para llevar a cabo la elaboración de un diagrama como una representación gráfica de la secuencia de actividades o pasos que ocurren en un proceso o en un procedimiento, se deben identificar mediante símbolos de acuerdo con su naturaleza.

Los principales procesos incluidos en un diagrama de flujo o de operaciones son:

Tabla III. Representación de los símbolos utilizados en un flujograma

| | |
|--|---|
| <p>Operación: Se produce o efectúa una manipulación o transformación.</p> |  |
| <p>Documento: Se utiliza un documento específico.</p> |  |
| <p>Datos: Se obtienen datos de diferente fuente.</p> |  |
| <p>Almacenamiento Interno: Se almacenan datos al archivo.</p> |  |
| <p>Proceso Predefinido: Se utiliza un proceso definido.</p> |  |

Calderas de combustión a diesel

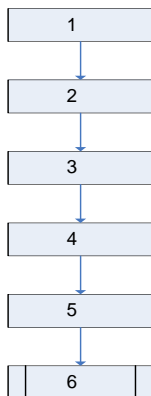
ASUNTO: Operación de caldera

FECHA: 7-05-06

METODO: Propuesto

ANALISTA: Ángel Cordón

INSTITUCION: Hospital Nacional de Retalhuleu



| pasos | Descripción de la operación |
|-------|---|
| 1 | Verifique que exista alimentación de energía eléctrica del tablero principal al tablero de control de la caldera. |
| 2 | Verifique que exista agua en el tanque de condensado. |
| 3 | Verifique que exista agua en el tanque de condensado. |
| 4 | Verifique que están cerradas las válvulas de: <ul style="list-style-type: none"> a) Suministro de vapor (válvula principal) b) Purgas, (superficie, fondo, tubo de nivel) c) Válvulas de prueba |
| 5 | Verifique que estén abiertas las válvulas de : <ul style="list-style-type: none"> a) Suministro de combustible. b) Suministro de agua de reposición al tanque de condensado. Suministro de agua del tanque de condensado de la caldera. |
| 6 | Ponga en funcionamiento la caldera y cuando haya alcanzado la presión de trabajo, realice las purgas. Al final de la jornada cierre la válvula principal de suministro de vapor. |

Calderas de combustión por Bunker

ASUNTO: Operación de caldera

FECHA: 7-05-06

METODO:

Propuesto

ANALISTA: Ángel Cordón

INSTITUCION: Hospital Nacional de Retalhuleu



| pasos | Descripción de la operación |
|-------|--|
| 1 | Realizar los mismos pasos del 1 al 5 de la operación de calderas de combustión de diesel y además verificar: a) Que exista combustible en el tanque diario. b) Que exista gas en el tanque y línea de alimentación. c) Ponga en funcionamiento el precalentador de combustible, accionado el interruptor en el tablero de control de la caldera. d) Ponga en funcionamiento la bomba de recirculación de combustible accionando el interruptor respectivo. |
| 2 | Verifique que la presión de combustible en el manómetro del precalentador sea de <u>80 a 90 psi</u> y en el <u>manifold de 40-45 psi</u> , de no ser así, realice los ajustes respectivos. |
| 3 | Verifique que la temperatura del combustible sea de 90 grados centígrados en el termómetro del <u>manifold</u> . |
| 4 | Revise que el control de fuego alto-bajo esté en la posición de fuego bajo y el de manual-automático en posición de manual. Luego proceda con el paso No. 6 |

2.4 Condiciones de la tubería de suministro de vapor

Las tuberías de suministro de vapor, son muy importantes para mantener el vapor a la presión requerida y a la temperatura requerida, por lo cual no se deben de descuidar, por tal razón se describen con mayor detalle en los rubros siguientes:

2.4.1 Material de la tubería

Las tuberías de vapor, comúnmente son fabricadas de hierro negro, debido a que este material es capaz de soportar la presión y el calor del vapor a altas temperaturas, estas tuberías también necesitan de un buen recubrimiento o aislamiento térmico para poder de esta manera evitar la condensación del vapor al existir una pérdida de calor.

Principales materiales de aislamiento

- ♣ Silicato de calcio
- ♣ Fibra de vidrio
- ♣ Vidrio espumado
- ♣ Lana de roca
- ♣ Perlita expandida
- ♣ Elastoméricos
- ♣ Poliestireno
- ♣ Poliuretano

Materiales complementarios

- ♣ Materiales de sujeción
- ♣ Materiales de acabado
- ♣ Barreras de vapor
- ♣ Otros materiales

Variables importantes del aislamiento

- ♣ Temperatura del fluido de proceso ($^{\circ}$ C)
- ♣ Espesor del aislante (mm)
- ♣ Tipo del material aislante
- ♣ Conductividad térmica del aislante (w/m° K)
- ♣ Tipo de recubrimiento del material aislante
- ♣ Temperatura de superficie ($^{\circ}$ C)
- ♣ Diámetro nominal de la tubería (mm)
- ♣ Tipo de tubería
- ♣ Temperatura de pared ($^{\circ}$ C)
- ♣ Temperatura ambiente ($^{\circ}$ C)
- ♣ Velocidad del viento (m/h)

2.4.2 Aislamiento térmico de la tubería

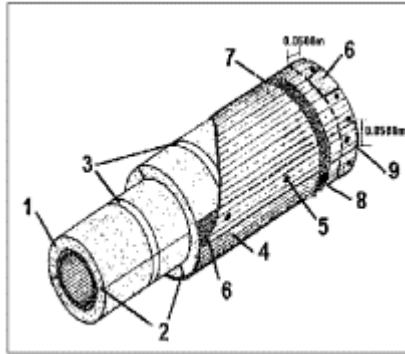
Su función, es reducir sustancialmente o retardar la pérdida de calor a través de las paredes del horno y de tuberías de distribución.

Los refractarios son materiales resistentes al calor y trabajan expuestos a temperaturas en rangos de 500 C a 2600 C; tienen la cualidad de soportar atmósferas muy erosionantes.

Los refractarios están hechos y se pueden trabajar en forma de bloques, planchas, láminas, spray y polvo.

Los materiales termoaislantes se clasifican, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-009-ENERG-1995, de la siguiente manera:

Figura 10 Materiales utilizados para el aislamiento térmico.



Lista de materiales

1. Aislamiento preformado para tubería
2. Juntas a tope
3. Fleje M.S.5 o M.S.7 o alambre M.S.3
(cada 0,305 m)
4. Cubierta metálica
5. Pijas M.A.9 (cada 0,15 m)
6. Sellador de traslapes O.M.4
7. Fleje M.S.7 o M.A.8 (cada 0,305 m)
8. Grapa M.A.11
9. Traslape longitudinal y transversal
(0,0508 m)

Partes del Aislamiento

- ♣ Fibras minerales

Tipos genéricos:

- ♣ Fibras celulares
- ♣ Fibras granulares
- ♣ Rígidos
- ♣ Flexibles

Formas de presentación:

- ♣ Colchonetas flexibles
- ♣ Cementos monolíticos
- ♣ Espumado en sitio
- ♣ Servicios a alta temperatura (mayor a 37°C)

Aplicación:

- ♣ Servicios a baja temperatura (menor a 37°C)
- ♣ Control de la temperatura de proceso
- ♣ Conservación de energía

Uso y aplicación:

- ♣ Protección al personal
- ♣ Anticondensación
- ♣ Aislamiento innecesario

2.4.3 Medidas de la tubería

El grosor de la tubería de vapor (No. De cédula) es el calibre relacionado con la presión de operación y la tensión permisible del acero. Las más utilizadas son la cédula 40 y la cédula 80, o bien cedula normal (s), fuerte (x) o extrafuerte (xx).

En las calderas pirotubulares, se usa la cédula 40, en las acuatubulares cédula 80.

Las tuberías de vapor en nuestro medio, se pueden encontrar de diferente diámetro, entre los cuales se pueden mencionar de 3/4,1, 1 ½ ,2, 2 ½, 3, 4, 5,6, pulgadas entre otras. Las medidas dependerán de la cantidad de vapor a consumir y de la presión a soportar, la vida aproximada de una tubería mayor de 3 pulgadas de diámetro es de aproximadamente 30 años.

2.4.4 Condiciones actuales de la tubería

En ciertas partes de las tuberías de vapor existen daños superficiales, debido a la corrosión y al desgaste que sufren las mismas al tratar de mantener el calor y la temperatura del vapor para evitar la condensación, las tuberías de

suministro de vapor de la institución, se encuentran en mal estado, especialmente en las uniones, en las desviaciones, y en las salidas del vapor para llevar a cabo la alimentación.

3 PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

3.1 Conceptos Fundamentales del mantenimiento de máquinas

Para comenzar ha desarrollar el tema de mantenimiento, primero debemos de conocer en si que es el mantenimiento de máquinas, y para ello se puede dar a conocer de la siguiente manera.

3.1.1 Mantenimiento de máquinas

El mantenimiento de máquinas, son todas las actividades involucradas en mantener un equipo que funcione correctamente. Para el administrador, el objetivo del mantenimiento es la conservación, ante todo, del servicio que están suministrando los equipos, instalaciones, etc.

Este es el punto esencial y no como erróneamente se ha creído, que el mantenimiento está obligado a la conservación de tales elementos. El servicio es lo importante y no la maquinaria que lo proporciona. Por tal motivo se deben de equilibrar, en las labores de mantenimiento, los factores esenciales siguientes:

- a) Calidad económica del servicio: Debemos de proyectar cuanto dinero nos ahorrara al implementar un buen programa de mantenimiento.
- b) Duración adecuada del equipo: Debemos de estimar cuanto de vida útil nos va ha brindar un equipo.
- c) Costos mínimos de mantenimiento: Todos los costos necesarios para llevar a cabo el mantenimiento.

3.1.2 Objetivos del mantenimiento

El objetivo del mantenimiento y de la fiabilidad es mantener la capacidad del sistema mientras se controlan los costos. Un buen sistema de mantenimiento reduce la variabilidad del sistema.

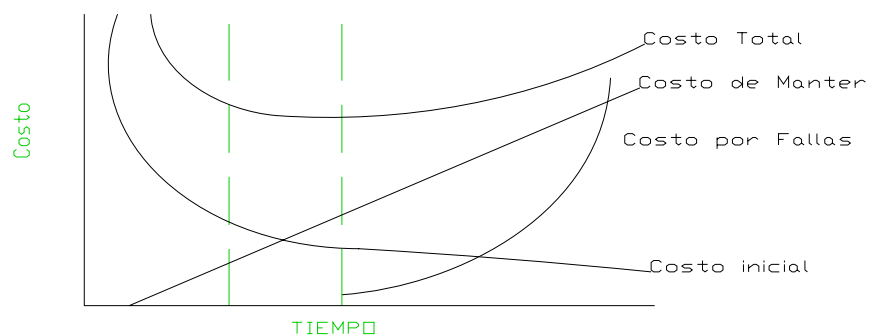
La adquisición de equipo nuevo acarrea costos elevados sobre todo que inicialmente su depreciación es acelerada, aunque esto se compensa por ser los costos de mantenimiento bajos, pues la expectativa de falla es menor.

Conforme envejece el equipo, sus componentes se desgastan, aumentando la frecuencia de falla y como consecuencia, los gastos de mantenimiento son mayores.

Un aumento de la frecuencia de falta de servicio por fallas, causa pérdidas en el ingreso, que origina la prestación del mismo, de tal manera que el costo total aumenta tanto que hace prohibitivo el uso del equipo.

En la curva del costo total (figura 10) se nota que hay una zona donde es mínima en función del tiempo, siendo uno de los objetivos del mantenimiento que este sea lo mas largo posible, dentro de las naturales limitaciones (obtención de repuestos principalmente) pero cuando el costo total rebasa esta zona, la reposición del equipo es obligada.

Figura 11. Curva Costo Mantenimiento



3.1.3 Clases de mantenimiento

Existen muchas clases de mantenimiento, que entre ellas se pueden citar: el mantenimiento por averías o correctivo, el mantenimiento preventivo, el mantenimiento predictivo, el mantenimiento proactivo, el mantenimiento productivo total y otros más, estos a su vez se describen detalladamente a continuación:

a) Mantenimiento por Averías:

Este se lleva a cabo cuando el equipo falla y se tiene que reparar debido a una emergencia o una prioridad, en nuestro país, este es uno de los más comunes, su función empieza al presentarse la avería, es decir se diagnostica y de acuerdo con los resultados del mismo se planean actividades, recursos humanos, herramienta, repuestos y materiales para iniciar la reparación.

El mantenimiento por avería es también llamado mantenimiento correctivo y el cual tiene dos funciones perfectamente definidas que son:

_ Corregir aquellas averías o anomalías sistemáticas que se presentan en máquinas o instalaciones, llegando incluso al cambio de material o de diseño con el objeto de suprimirlas o, por lo menos, de alejar lo máximo posible su aparición en el tiempo.

_ Reacondicionamiento de máquinas o instalaciones que por su uso ya se encuentran en condiciones que hacen difícil conseguir una marcha correcta o mantener una calidad de fabricación que exige producción.

b) Mantenimiento preventivo:

A diferencia del anterior, el tipo de avería en la máquina ya se ha previsto, ya sea por medios estadísticos o por instrucciones del fabricante; aunque no se ha localizado en el tiempo. Pero ya se ha elaborado un plan previo de reparación acorde con los recursos con los que se cuenta; humanos, herramienta, materiales y repuestos que se han adquirido o localizado con anticipación.

Debidamente dirigido, el mantenimiento preventivo es un instrumento de reducción de costos, que ahorra a las empresas recursos en conservación y operación.

Un programa de mantenimiento preventivo, en la acción de mantener en buen estado el equipo, se realiza a través de las visitas, revisiones, lubricación periódica y limpieza.

c) Mantenimiento Predictivo:

También llamado mantenimiento previsorio o control predictivo del mantenimiento, pues este tipo de mantenimiento determina el punto óptimo para la ejecución del mantenimiento preventivo en un equipo, o sea, el punto a partir del cual la probabilidad que el equipo falle, asume valores indeseables.

Este mantenimiento tiene como objetivo, ejecutar el mantenimiento preventivo en equipos en el momento exacto, en que estos interfieren en la confiabilidad del sistema, además este mantenimiento produce los siguientes logros:

c.1) La minimización de los costos de mantenimiento preventivo y correctivo.

c.2) La maximización de la eficiencia del mantenimiento.

d) Mantenimiento Productivo Total:

Muchas empresas han evolucionado aportando conceptos de dirección de la calidad total, para llevar a cabo un mantenimiento preventivo conocido como mantenimiento productivo total (MPT). Esto implica la reducción de la variabilidad gracias a la participación de los empleados y a los excelentes registros de mantenimiento. Además, el mantenimiento productivo total comprende:

- ♣ El diseño de máquinas fáciles de manejar y fáciles de mantener.
- ♣ Hacer hincapié en los costos totales de la propiedad cuando se compran las máquinas, de forma que el servicio y el mantenimiento estén incluidos en el costo.
- ♣ El desarrollo de proyectos de mantenimiento preventivo que utilicen las mejores prácticas de los operarios, del mantenimiento de los departamentos, y del servicio de depósito.
- ♣ La formación de los trabajadores para que manejen y mantengan sus propias máquinas.

3.1.4 Importancia del mantenimiento preventivo para calderas.

La importancia del mantenimiento preventivo, radica en que un programa de mantenimiento bien planeado evita interrupciones innecesarias o reparaciones costosas, además entre las ventajas que se pueden citar al implementar un mantenimiento preventivo están:

- a) Con un adecuado mantenimiento del equipo, este se conserva en condiciones óptimas de trabajo, permitiendo que la producción continúe su función normal sin interrupciones y los niveles de productividad suban considerablemente.
- b) Las personas que laboran con estos equipos se sentirán más satisfechas y trabajarán con un alto grado de motivación.
- c) Los equipos no sufrirán un deterioro mayor cuando han sido sometidos continuamente a un mantenimiento preventivo.
- d) Habrá menos desperdicio de combustible.
- e) Se podrán establecer índices para los costos de mantenimiento.

3.2 Cronograma de actividades necesarias para llevar a cabo el mantenimiento preventivo.

Para poder llevar a cabo el mantenimiento preventivo, se llevan una serie de pasos, que se explicaran según la frecuencia con que debe de aplicarse, según lo muestra la tabla IV.

Tabla IV. Frecuencia de las operaciones necesarias para el mantenimiento preventivo, expresadas de la siguiente manera: S representa semanal, la M mensual, Tr trimestral, A Anual.

| Operación | S | M | Tr | Sem | A |
|--------------------------------|----------|----------|-----------|------------|----------|
| Quemador y sus Partes | | | | | |
| Chequear el quemador | | | | | |
| Revisar las boquillas | | | | | |
| Limpiar el quemador | | | | | |
| Limpiar electrodos | | | | | |
| Revisar aisladores de ignición | | | | | |
| Revisar cables de ignición | | | | | |
| Piloto de gas | | | | | |
| Fotoceldas | | | | | |
| Combustión | | | | | |

Cuerpo de la caldera

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| Limpieza del lado de agua | | | | | |
| Limpieza del lado de fuego | | | | | |
| Fuga en los tubos de fuego | | | | | |
| Conexiones y línea de alimentación | | | | | |
| Revisión de material refractario | | | | | |
| Cambio de empaque | | | | | |
| Revisión de pernos y tuercas de puertas | | | | | |
| Fugas de agua, vapor, gases de combustión. | | | | | |

Sistema de Combustible

| | | | | | |
|---|---|--|--|---|---|
| Revisar la linea de alimentación | ■ | | | | |
| Limpiar filtro de alimentación | ■ | | | | |
| Fajas de transmisión | | | | ■ | |
| Alineacion de bomba al motor | | | | | ■ |
| Revision de bomba de tanque principal a tanque diario | | | | | ■ |
| Revision de válvulas solenoides | | | | ■ | |

Sistema de aire secundario

| | | | | | |
|----------------------------------|--|---|--|---|---|
| Limpieza de malla de ventilador | | ■ | | | |
| Lubricacion del motor ventilador | | | | ■ | |
| Temperatura de cojinetes | | | | ■ | |
| fajas de transmisión | | | | ■ | |
| vibraciones del motor ventilador | | | | | ■ |

Control de nivel de agua

| | | | | | |
|---------------------------|---|---|--|--|---|
| Tubo de nivel | | ■ | | | |
| niveles de operación | ■ | | | | |
| Limpieza del flotador | | | | | ■ |
| Diafragma de flotador | | | | | ■ |
| Columna de Mc. Donnell. | | | | | ■ |
| Válvula de purga de nivel | ■ | | | | |

Sistema Eléctrico

| | | | | | |
|-----------------------------------|--|--|--|--|--|
| Revisar terminales | | | | | |
| limpieza de platinos | | | | | |
| revisar fusibles | | | | | |
| Limpiar el programador | | | | | |
| Limpiar el presurestol | | | | | |
| Revisar cápsulas de mercurio | | | | | |
| Revisar termostatos y contactores | | | | | |

Otros

| | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|
| Válvulas de seguridad | | | | | |
| Termómetros | | | | | |
| Válvulas en general | | | | | |
| Trampa de vapor del precalentador de combustible bunker | | | | | |
| Limpieza de la chimenea | | | | | |
| pintura en general | | | | | |
| Manómetros | | | | | |

3.3 Manual de procedimientos del plan de mantenimiento preventivo.

En base al estudio realizado en operaciones necesarias expresado en el cronograma del apartado anterior es necesario describir los procedimientos mencionados en la sección 3.2, para conocer de esta manera como debe de hacerse el mantenimiento preventivo, y de esta manera facilitarle al operario su trabajo.

Verificar el funcionamiento del quemador: Para chequear el quemador, verlo a través del ojo de vidrio, situado en la parte trasera de la caldera, y ver si este esta encendido, revise cuidadosamente las líneas de combustible a efecto de corregir cualquier fuga que pudiese existir.

Revisión de Boquillas: Desmontar la boquilla y desarmarla cuidadosamente para poder limpiar el filtro, la limpieza se debe de realizar con diesel o tinner.

Limpieza del Quemador: Esta puede hacerse con tinner o con diesel, en todas sus partes tanto internas como externas.

Limpieza de electrodos: Desmontarlos con cuidado para evitar quebraduras en el aislante, si esta tuviera grietas o rajaduras cámbielas de inmediato.

Revisión de aisladores de ignición: Revisar el estado de las porcelanas y cambiarlas si estas se encontraran con quebraduras o rajaduras

Revisión de cables de ignición: Compruebe el estado del o los cables de ignición con un multímetro colocado para medir continuidad.

Revisión de piloto de gas: Revisar que no existan fugas y limpiar la salida de conducción con un trapo seco.

Fotoceldas: Limpiarla con un trapo seco únicamente.

Combustión: Para saber si existe buena combustión, se puede analizar observando la temperatura de la chimenea está debe de marcar una temperatura entre los intervalos 250 y 300 grados centígrados.

Limpieza del lado del agua : Dejar que la caldera se enfríe, y retirar toda el agua, quitar incrustaciones y sedimentos.

Limpieza del lado de fuego: Desmontar el quemador quite los tornillos y las tapaderas, y con una varilla que contenga cerdas de acero en uno de sus extremos, limpie todo el hollín.

Fugas en los tubos de fuego: Para cuando suceda esto es necesario cambiarlos.

Conexiones y línea de alimentación de agua: Revisar válvulas y tuberías en mal estado y cambiarlas cuando presenten un estado de deterioro oxidación y picaduras.

Revisión de Material Refractario: Revisar el refractario de las puertas y tapaderas este en buen estado, si presentan grietas bisélelas profundamente a todo lo largo, rellénalas de material respectivo.

Cambio de empaque: Cambiarlos por nuevos siempre que se destape las puertas y tapaderas.

Pernos y tuercas: Antes de cerrar la caldera aplíqueles grafito para evitar que se peguen por la temperatura.

Fugas de agua, vapor o gases de combustión: Después de la operación de la caldera asegúrese de que no existan fugas de agua y gases de combustión por las tortugas y puertas, si existen córralas inmediatamente.

Revisar la línea de alimentación: Corrija inmediatamente cualquier fuga que se observa a lo largo de toda la línea desde el tanque principal hasta el quemador, ajustando conexiones, cambiando empaques, tubos o accesorios según sea el caso.

Limpieza de filtro de alimentación: Desmontar los filtros en la línea de alimentación y remover la suciedad que tenga la malla

Fajas de transmisión: Revisar que tengan la tensión adecuada la que no debe de exceder de holgura de $\frac{1}{4}$ ", si esta llegara a exceder de esta medida, ajustar los tornillos para que mejore la tensión.

Alineación de bomba de motor: Revisar la alineación si por el contrario estuviese desalineada entonces se debe desenroscar los tornillos de sujeción a la base y alinearla, luego apretar los tornillos.

Revisión de bomba de tanque de principal a tanque diario: Revisar las fajas de transmisión, realizar ajustes.

Revisión de Válvulas solenoides: Desmontar la bobina, destapar el vástago, luego remueva la suciedad, para después armarla correctamente.

Limpieza de malla ventilador: Revisar que no exista mota y suciedad que impida la succión del aire de la atmósfera, limpiar la malla con un brocha y con algún solvente.

Lubricación de motor de ventilación: Si el motor tuviese entradas para inyectarle grasa, entonces engrasarlo según el cronograma de actividades, y realice el cambio de grasa y aceite respectivamente.

Temperatura de cojinete: Compruebe la temperatura, de la siguiente manera coloque la mano en donde estos van instalados, si no soporta dejar la mano más de 10 segundos por la alta temperatura, investigue la causa puede que tengan exceso de grasa, están faltos de ella o requieran reemplazo.

vibraciones del motor ventilador: Revisar que el motor se encuentre bien atornillado a la base y el castigador del ventilador este atornillado correctamente, de no ser así ajustarlos correctamente.

Tubo de nivel: Revisar que no existan fugas en las tuercas del tubo de ser así ajustar las tuercas, y si aun persisten dichas fugas, es necesario cambiar empaques.

Niveles de operación: Comprobar los niveles de operación si estos no coinciden es necesario ajustar las cápsulas de mercurio en el Mc donell, siempre tener precaución para no provocar un corto circuito.

Limpieza del flotador: Limpiar el flotador y verificar si no existen picaduras, y si existiesen reemplazarlo inmediatamente.

Diagrama del flotador: Revisar si no existen picaduras y si existiesen reemplazarlo por uno nuevo.

Columna de mcdonell: Desmontar y limpiarlo internamente, para evitar que el flotador quedase trabado.

Válvula de purga de nivel: Al iniciar la jornada, cuando la caldera alcance la primera carga de vapor, abra y cierre la válvula de purga del tubo de nivel, luego abra la válvula de purga de Mc. Donnell, en el momento que la bomba de agua empiece a funcionar ciérrela, espere que se establezca el nivel de agua y proceda de la misma forma con las válvulas de purga de superficie y de fondo; luego abra la válvula principal de vapor para proporcionarlo a los servicios que lo requieran. Durante la jornada repita la operación dos veces mas, procurando que la última sea al final de la jornada y que no trabaje más la caldera

Revisar terminales: Revisar que las conexiones estén bien apretadas, apretando bien los tornillos de cada Terminal que se encuentra en el panel de control de la caldera.

Limpieza de platinos: Se limpian con un pedazo de tela lo mas fina posible y aplicarles liquido limpiador de contactos.

Revisar fusibles: Revisar que estén bien apretados, limpiarlos si estos están sucios, si ya no funcionan reemplazarlos por nuevos.

Limpiar el programador: Desmontarlo y ver que todas las terminales estén bien atornilladas y limpias.

Limpiar el presurestol: Desmonte y limpie el interior con una brocha y vea que las cápsulas de mercurio no estén rajadas, si lo están reemplácelas por nuevas.

Revisar capsulas de mercurio: Limpie el interior del cabezal con una brocha y vea que las cápsulas de mercurio no estén rajadas, si lo están reemplácelas por nuevas, cuidando de conectarlas de nuevo.

Revisar termostato y conectadores: Destape y limpie el interior

Válvulas de seguridad: Accionar periódicamente las válvulas de seguridad para evitar que los asientos se peguen y se corra el riesgo que por una sobrepresión no se disparen. Hacerlo tres veces por semana.

Termómetros: Desmontar todos los termómetros que se encuentren en el sistema, remueva la suciedad del bulbo sensor y colóquelos de nuevo aplicándoles teflón para evitar fugas.

Válvulas en general: Vea que no existan fugas en los vástagos de las válvulas de compuerta, de globo, de retención etc.

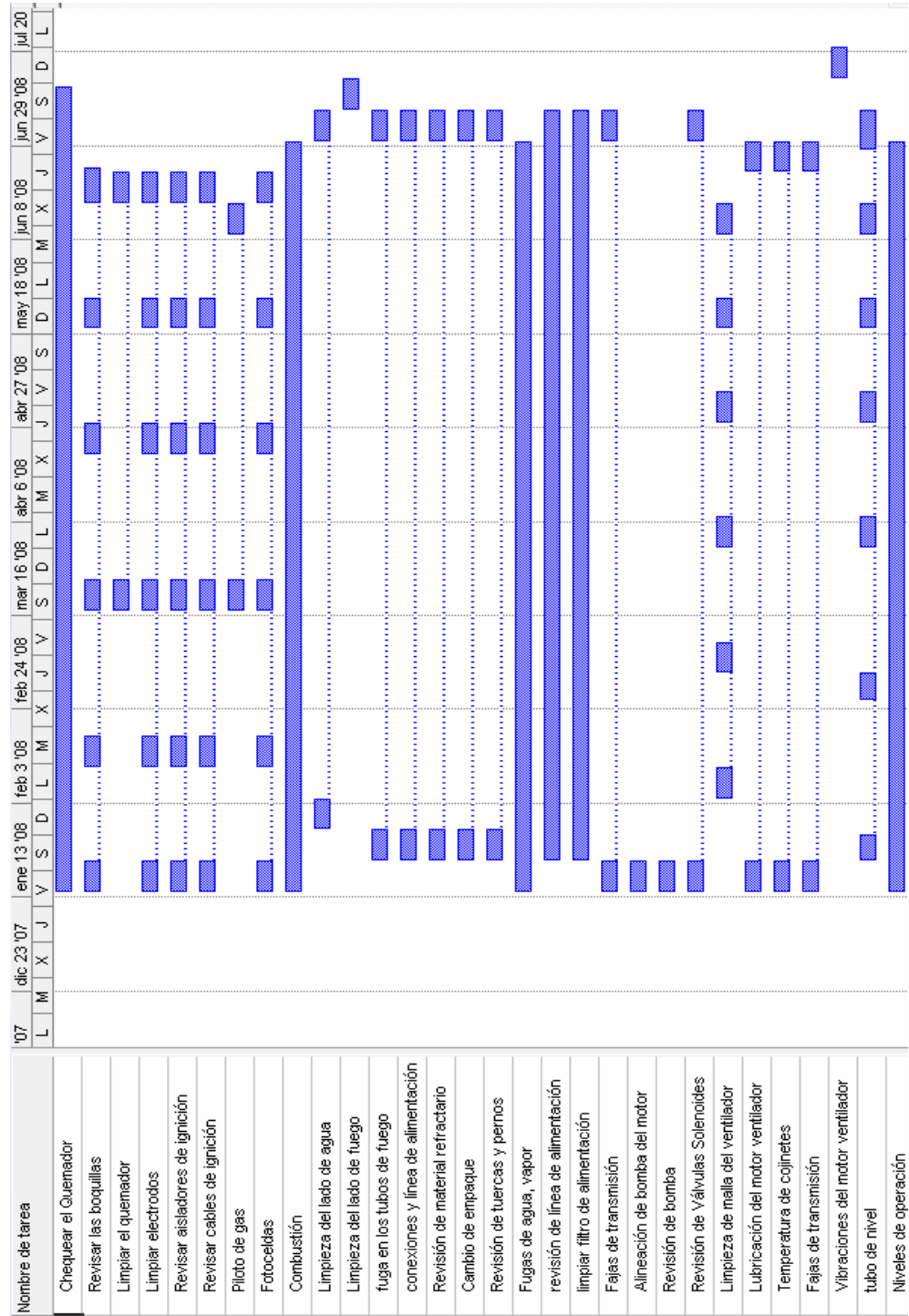
Trampa de vapor de precalentador de combustible: Destaparla y remover la suciedad que tenga. Al colocarle la tapa ponga nuevo empaque y aplíquele una capa de permatex para asegurar un buen sellado.

Limpieza de la chimenea: Hasta donde se pueda limpiar la chimenea en la parte interior para evitar posibles acumulaciones de hollín que podrán dañarla, revise que no existan filtraciones de agua, si existen corríjelas inmediatamente.

Pintura en general: Verificar que la pintura de la caldera se mantenga siempre igual, si existen daños corríjalos lo más pronto posible.

Manómetros: Para revisión de los manómetros solo se puede realizar con un manómetro patrón, y ver si todavía coincide, de lo contrario es necesario cambiarlo.

La programación de las operaciones necesarias, para poder llevar a cabo el mantenimiento preventivo de las calderas pirotubulares CB, se describen a continuación, identificando a las calderas como caldera C1 y caldera C2, respectivamente.



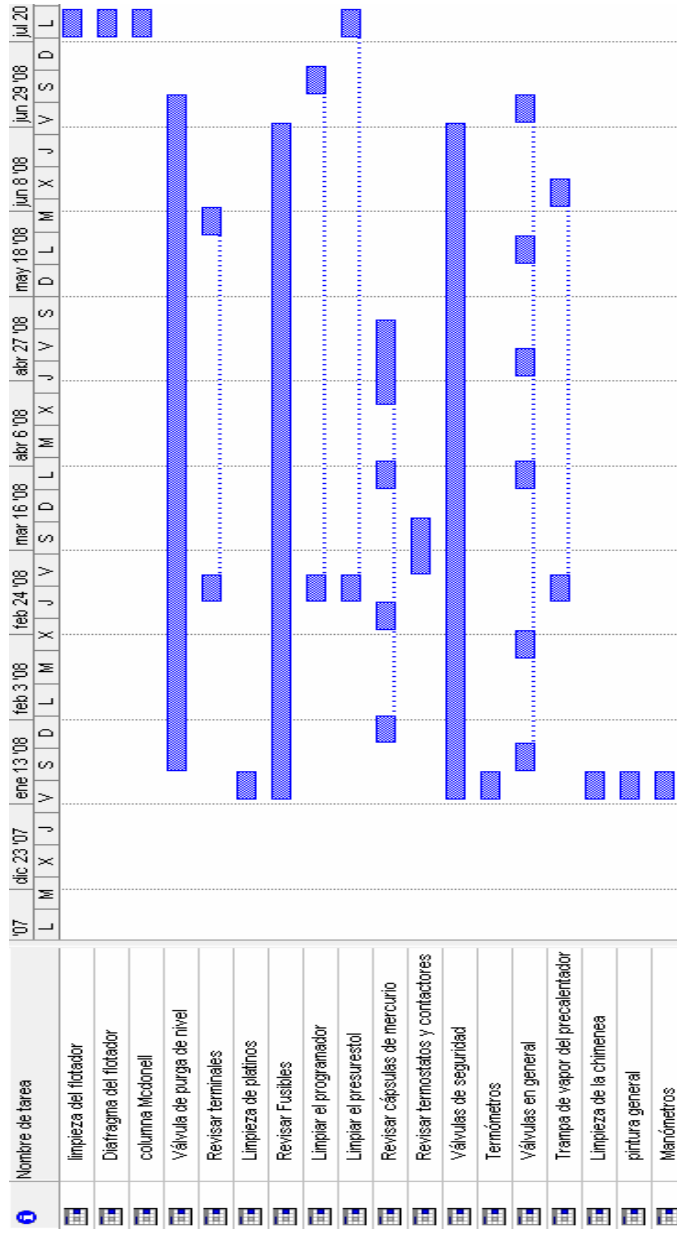


Tabla V. Programación del mantenimiento de la caldera c.1

| | Nombre de la Operación | Enero | | | | Febrero | | | | Marzo | | | | Abril | | | | Mayo | | | | Junio | | | | Julio | | | |
|----|------------------------------------|---------|---|---|---|---------|---|---|---|---------|---|---|---|---------|---|---|---|---------|---|---|---|---------|---|---|---|-------|---|---|---|
| | | Semanas | | | | Semanas | | | | Semanas | | | | Semanas | | | | Semanas | | | | Semanas | | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Chequear el quemador | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Revisar las boquillas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Limpiar el quemador | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Limpiar electrodos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Revisar aisladores de ignicion | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Revisar cables de ignicion | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Piloto de gas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Fotoceldas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | combustion | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | Limpieza del lado de agua | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | Limpieza del lado de fuego | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | fuga en los tubos de fuego | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | Conexiones y linea de alimentacion | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | Revision de material refractario | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | Cambio de empaque | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | Revision de tuercas y pernos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | Fugas de agua, vapor | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | Revision de linea de alimentacion | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | Limpiar filtro de alimentacion | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | fajas de transmision | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | Alineación de bomba del motor | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | Revision de bomba | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | Revision de válvulas solenoides | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | Limpieza de malla del ventilador | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | Lubricacion del motor ventilador | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | Temperatura de cojinetes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | fajas de transmision | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | vibraciones del motor ventilador | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | Tubo de nivel | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | Niveles de operación | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | Limpieza del flotador | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | Diafragma del flotador | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33 | Columna Mc Donell | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | Válvula de purga de nivel | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | Revisar terninales | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | Limpieza de platinos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Continúa

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-----------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 37 | Revisar fusibles | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 38 | Limpiar el programador | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 39 | Limpiar el presurestol | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | Revisar capsulas de mercurio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 41 | Revisar termostatos y contactores | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 42 | Valvulas de seguridad | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 43 | Termómetros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 44 | Válvulas en general | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 45 | Trampa de vapor del precalentador | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 46 | Limpieza de la chimenea | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 47 | Pintura general | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48 | Manómetros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | 3 | J | V | S | D | L | M | X | J | V | S | D | L | M | X | J | V | S | D | L | M | X | J | V | S | D | | |
|--|------------------------------------|-----------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--|
| | | jun 29 '08 | jul 20 '08 | ago 10 '08 | ago 31 '08 | sep 21 '08 | oct 12 '08 | nov 2 '08 | nov 23 '08 | dic 14 '08 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Nombre de tarea | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Chequear el Quemador | [Bar chart showing task duration] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Revisar las boquillas | [Bar chart showing task duration] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Limpiar el quemador | [Bar chart showing task duration] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Limpiar electrodos | [Bar chart showing task duration] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Revisar aisladores de ignición | [Bar chart showing task duration] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Revisar cables de ignición | [Bar chart showing task duration] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Piloto de gas | [Bar chart showing task duration] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Fotoceldas | [Bar chart showing task duration] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Combustión | [Bar chart showing task duration] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Limpieza del lado de agua | [Bar chart showing task duration] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Limpieza del lado de fuego | [Bar chart showing task duration] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | fuga en los tubos de fuego | [Bar chart showing task duration] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | conexiones y línea de alimentación | [Bar chart showing task duration] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Revisión de material refractario | [Bar chart showing task duration] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Cambio de empaque | [Bar chart showing task duration] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Revisión de tuercas y pernos | [Bar chart showing task duration] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Fugas de agua, vapor | [Bar chart showing task duration] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | revisión de línea de alimentación | [Bar chart showing task duration] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | limpiar filtro de alimentación | [Bar chart showing task duration] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Fajas de transmisión | [Bar chart showing task duration] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Alineación de bomba del motor | [Bar chart showing task duration] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Revisión de bomba | [Bar chart showing task duration] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Revisión de Válvulas Solenoides | [Bar chart showing task duration] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Limpieza de malla del ventilador | [Bar chart showing task duration] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Lubricación del motor ventilador | [Bar chart showing task duration] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Temperatura de cojinetes | [Bar chart showing task duration] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Fajas de transmisión | [Bar chart showing task duration] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Vibraciones del motor ventilador | [Bar chart showing task duration] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | tubo de nivel | [Bar chart showing task duration] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Niveles de operación | [Bar chart showing task duration] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

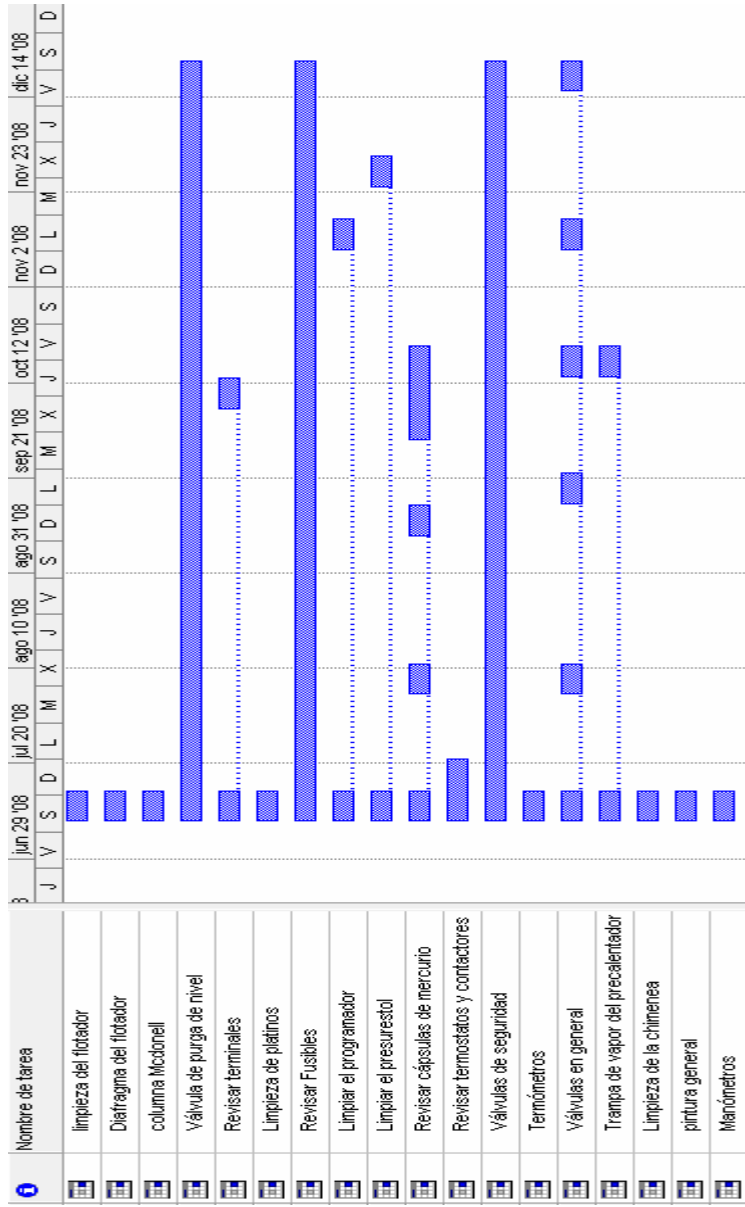


Tabla VI. Programación del mantenimiento de la caldera c.2

| | Nombre de la Operación | julio | | | | Agosto | | | | Sept | | | | Octubre | | | | Nov | | | | Diciem | | | | Enero | | | |
|----|------------------------------------|---------|---|---|---|---------|---|---|---|---------|---|---|---|---------|---|---|---|---------|---|---|---|---------|---|---|---|-------|---|---|---|
| | | Semanas | | | | Semanas | | | | Semanas | | | | Semanas | | | | Semanas | | | | Semanas | | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Chequear el quemador | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Revisar las boquillas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Limpiar el quemador | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Limpiar electrodos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Revisar aisladores de ignicion | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Revisar cables de ignicion | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Piloto de gas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Fotoceldas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | combustion | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | Limpieza del lado de agua | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | Limpieza del lado de fuego | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | fuga en los tubos de fuego | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | Conexiones y linea de alimentacion | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | Revision de material refractario | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | Cambio de empaque | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | Revision de tuercas y pernos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | Fugas de agua, vapor | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | Revision de linea de alimentacion | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | Limpiar filtro de alimentacion | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | fajas de transmision | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | Alineación de bomba del motor | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | Revision de bomba | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | Revision de válvulas solenoides | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | Limpieza de malla del ventilador | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | Lubricacion del motor ventilador | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | Temperatura de cojinetes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | fajas de transmision | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | vibraciones del motor ventilador | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | Tubo de nivel | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | Niveles de operación | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | Limpieza del flotador | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | Diafragma del flotador | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33 | Columna Mc Donell | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | Válvula de purga de nivel | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | Revisar terninales | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | Limpieza de platinos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

4 PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

4.1 Estructura de plan de mantenimiento preventivo.

La creación de un plan de mantenimiento preventivo, radica en una secuencia de pasos necesarios para un eficiente funcionamiento.

Para poder llevar a cabo un buen plan de mantenimiento, es necesario llevar un buen proceso administrativo de dicho plan, para ello es necesario conocer la planificación del plan, la organización, dirección, y control.

4.1.1 Planeación

La planeación es lo más importante para llevar a cabo el desarrollo de actividades, y debido ha ello es que se puede prever de muchos factores necesarios para llevar a cabo nuestros objetivos.

La planeación consiste en la determinación del curso concreto en acción que se habrá de seguir, fijando los principios que lo habrían de presidir y orientar. En general la planeación significa lo que vamos a realizar, entre las herramientas de la planeación podemos encontrar estrategias, procedimientos, y o políticas.

- a. Procedimientos: Estos permiten que se cumplan con las metas y no son más que secuencias de operaciones y métodos.
- b. Políticas: Escenciales para que se cumplan las metas.

- c. Estrategias: Es el ordenamiento de recursos y esfuerzos para alcanzar los objetivos trazados. Los tipos de estrategias y son: lógicas que son a mediano plazo y tácticas que son a largo plazo.

Los procedimientos que se aplicaran a la estructura de este plan, están descritos en la sección 3.3 de este trabajo, con mayor detalle con lo cual se pueden utilizar como apoyo para llevar a cabo una futura implementación.

Las políticas que se podrían utilizar para llevar a cabo la implementación del proyecto son:

Para el operario:

- ◆ Respetar la secuencia de procedimientos que son necesarios para realizar el mantenimiento preventivo para la maquinaria.
- ◆ Respetar la jornada laboral.
- ◆ Realizar los procedimientos necesarios para llevar a cabo el mantenimiento con responsabilidad.
- ◆ Informar anomalías (cuando existiesen), que se presenten en la maquinaria, en el momento que se realiza el mantenimiento preventivo.
- ◆ Informar ruidos o fenómenos no comunes en la maquinaria, cuando ésta se encuentra en operación.
- ◆ Mantener el área de trabajo limpia y ordenada, reportando cualquier riesgo industrial.

- ◆ Utilizar equipo de protección cuando se requiera.
- ◆ Utilizar la herramienta adecuada, para cada actividad si no se cuenta con la herramienta reportarlo al jefe inmediato.

Al jefe de Mantenimiento:

- ◆ Velar por que se lleve a cabo el mantenimiento preventivo de las calderas de acuerdo al plan.
- ◆ Velar porque el operario realice las actividades de operación con precaución y en forma adecuada.
- ◆ Velar porque existan repuestos de accesorios comunes como por ejemplo fusibles al alcance.
- ◆ Velar por la seguridad del operario, mejorando las condiciones de trabajo a través de acuerdos con las autoridades de la institución.
- ◆ Velar porque exista la mejora continua.
- ◆ Llevar un control del combustible en existencia, el combustible consumido, materiales reemplazados, y tiempos de operación de la maquinaria y realizar un historial de fallas mas comunes de la maquinaria.

Ya hemos hablado a cerca de los procedimientos y las normas, ahora nos enfocaremos en las estrategias para llevar a cabo el plan de mantenimiento preventivo.

La estrategia para mejorar la eficiencia de la maquinaria, es a través de la implementación del plan de mantenimiento preventivo, la táctica que podemos utilizar para la implementación del plan, es a través de reuniones con el personal de mantenimiento para darles a conocer la importancia del mantenimiento preventivo para las calderas y de la gran utilidad que estas brindan a los pacientes de la institución, por medio de presentaciones a computadora, así también como adiestrarlos y capacitarlos para poder ejecutar el plan.

Otra estrategia que se puede utilizar es motivar al personal de mantenimiento, de la importancia que tiene el llevar un buen control de la maquinaria tanto para el área de trabajo sino también el servicio a pacientes de la institución y de esta manera poder brindar un mejor servicio a la sociedad.

Normas Generales para planificar:

- Realizar la recopilación de toda la información posible sobre la maquinaria, así también como equipos auxiliares a proteger.
- Formar un equipo eficaz de características donde aparezca la referencia de pedido, valor ubicación, repuestos, etc.
- Realizar un examen periódico de estos documentos lo cual indicará las partes del equipo que debe irse excluyendo del plan.
- Establecer ciclos de vigilancia y habilitar los registros de inspección de trabajos realizados por concepto de mantenimiento, reparación y cambio.

- Establecer el programa de capacitación del personal de mantenimiento apoyado en las necesidades reales de atención a equipos e instalaciones emanados de las rutinas de mantenimiento preventivo.
- El plan debe de estar sujeto a modificaciones, según sea determinado por los ejecutantes.
- Examinar los elementos que requieren mayor protección tomando así el carácter de mantenimiento predictivo.
- Establecer el programa final de mantenimiento con un mínimo de costos.

Diseño del plan:

Fase 1: Desarrollo de la misión y objetivos.

Misión: Proporcionar ayuda técnica al departamento de mantenimiento, en los procedimientos y la frecuencia con que se debe de ejecutar el mantenimiento preventivo para las calderas CB.

Objetivos:

- Optimización de la disponibilidad del equipo productivo.
- Disminución de los costos de mantenimiento.
- Optimización de los recursos humanos.
- Maximización de la vida de la máquina
- Reducir la contratación de empresas de servicio para la maquinaria.

Fase 2: Diagnóstico de amenazas y oportunidades.

Amenazas:

- Accidentes que puede sufrir el hospital como incendios, explosiones, que pongan en riesgo la vida de las personas.

Oportunidades:

- Ahora en Guatemala, existen muchos proveedores de maquinaria y accesorios de maquinaria Cleaver Brooks, lo cual se hace más fácil para el cambio de piezas dañadas o que no funcionan adecuadamente, o también se pueden llevar transacciones a través de la red de internet.
- Es una institución estatal.

Fase 3: Diagnóstico de fortalezas y debilidades.

Fortalezas:

- Calidad de equipamiento y tecnología.
- Personal dispuesto a Capacitarse.
- Personal calificado.

Debilidades:

- Trabajadores operativos sindicalizados.
- Falta de programas de mantenimiento
- Descontrol de las funciones de trabajo.
- Inexistencia de la programación del mantenimiento para las calderas piro-tubulares.

Fase 4: Desarrollo de estrategias.

- **Estrategia de la mejora continua:** Llevar a cabo el mantenimiento preventivo requiere de la colaboración de las autoridades de la institución, del jefe de mantenimiento, y de los operarios de las calderas, la mejora continua se logra al inducir y motivar al operario para que este lleve a cabo el mantenimiento preventivo, la manera en que se puede motivar al operario es a través de bonos por la calidad del servicio que brinda, es decir ver las mejoras a través de cada año, y ver la reducción de los costos en comparación con años anteriores, y de esta manera poder dar el bono al final del año, otra manera de motivarlo es ver lo importante que es su participación en la ejecución del mantenimiento, al dar un mejor servicio.

Fase 5: Preparación del plan

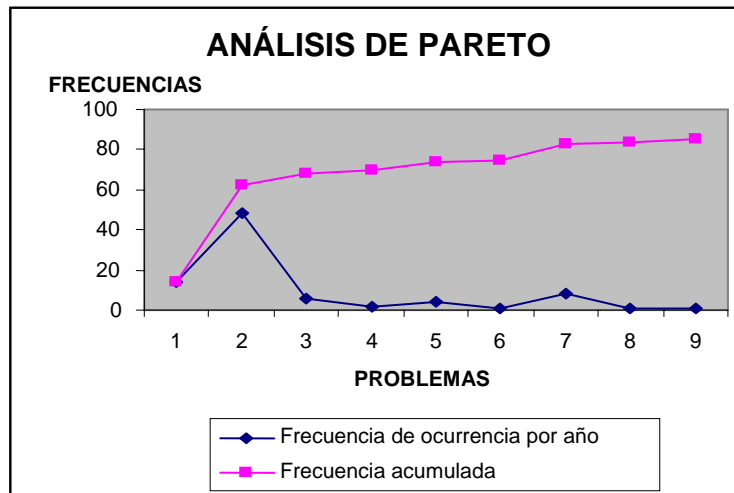
- **Analizar la Situación actual:** Realizar un diagnóstico de la maquinaria, y todos aquellos insumos que se relacionen directa e indirectamente con la misma.

Para realizar el diagnóstico de las calderas se puede utilizar el diagrama de pareto, para conocer cuales son los problemas más comunes que presenta la maquinaria.

Tabla VII. Análisis de Pareto

| | Problemas | Frecuencia de Ocurrencia por año | Frecuencia Acumulada |
|---|---|----------------------------------|----------------------|
| 1 | Falta de Bunker | 14 | 14 |
| 2 | Problemas en el arranque | 48 | 62 |
| 3 | Tubería sucia debido a la cristalización del bunker | 6 | 68 |
| 4 | Problemas con el panel de control | 2 | 70 |
| 5 | Problemas con alimentación del gas | 4 | 74 |
| 6 | Problemas con las bombas de alimentación de agua | 1 | 75 |
| 7 | Problemas con fusibles | 8 | 83 |
| 8 | Problemas con la computadora | 1 | 84 |
| 9 | Problemas con los compresores de aire | 1 | 85 |

Fuente: Estimaciones del jefe de mantenimiento, de acuerdo al historial de la maquinaria.



El resultado de este análisis demuestra que el 50% de los problemas mas frecuentes en la maquinaria ocurren con el arranque de la maquinaria.

- Contrarrestar la Resistencia al Cambio:** El ser humano, tiende a acomodarse a las situaciones en que vive, y cuando surge un cambio en ese modo de vida tienden a generar resistencia a tal cambio, por tal razón para evitar problemas de este tipo en la implementación del proyecto, se deben de realizar charlas y conferencias con todo el personal de las unidades de servicio de apoyo y del personal de mantenimiento, y darles a conocer la importancia del mejoramiento del servicio de la maquinaria, y de la participación que estos tienen con la misma.
- Adiestramiento y Capacitación del jefe de mantenimiento:** Se debe de orientar al jefe de mantenimiento de cómo y cuando realizar el mantenimiento así también de cuando empieza y los requisitos necesarios para llevar a cabo la implantación, para ello la persona que ha de capacitar

debe de tener conocimientos de la maquinaria, y del funcionamiento de la misma.

- Definir políticas y que estas se encuentren con el visto bueno de las autoridades de la institución.
- Definir la organización del mantenimiento, de quienes realizarán la tarea del mantenimiento preventivo.
- Recopilar datos antes de llevar a cabo el mantenimiento, como costos de combustible consumido, accesorios dañados, consumo de energía eléctrica, consumo de agua, piezas cambiadas por daños, problemas más frecuentes, costos por contratación de empresas de servicio ajenas a la institución, entre otras.
- Llevar a cabo el mantenimiento.
- Recopilar datos después del primer ciclo de mantenimiento, es decir después del año, y entre este periodo, como lo describen las hojas de control en el apartado posterior.
- Analizar los resultados, comparándolos con los obtenidos antes de llevar a cabo el mantenimiento.

- Aplicar la mejora continua, ver los problemas que se pueden dar y llegar a la raíz de tal problema, y ver si se puede darle solución o por lo menos reducir la frecuencia, luego hacer una comparación con el periodo anterior y ver si existen mejoras.
- Ampliar el grupo de mantenimiento para que estos rubros no solo se apliquen a las calderas sino a las demás.
- **Fase 6:** Cronograma de las actividades de la planeación

Tabla VII. Cronograma de Actividades

| | Mes 1 | Mes 2 | Mes 3 | Mes 4 | Mes 5 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| Actividades Antes de la implantación | | | | | |
| Análisis de la situación actual | ■ | | | | |
| Contrarrestar la Resistencia al Cambio | | ■ | ■ | ■ | |
| Adiestramiento y capacitación | | | ■ | ■ | ■ |
| Definir políticas | | | | ■ | |
| Definir la organización del mantenimiento | | | | ■ | |
| Recopilación de datos antes de la implantación | | | | ■ | |

Fase 7: Control y diagnóstico de resultados.

Este se realizara según los documentos que se describirán en la sección de control,

Fase 8: Planeación continua.

Se debe de seguir planeando actividades posteriores al mantenimiento para el mejoramiento del mismo, así como todos los aspectos a considerar.

El querer obtener resultados a corto plazo puede destruir el sistema, los niveles directivos pueden estar esperando resultados concretos de disminución de costos y reducción en el número de paradas en un lapso muy corto de tiempo pero se requiere de un período razonable para un adecuado funcionamiento.

4.1.2 Organización

La organización es la que nos da a conocer como es que se debe de realizar el mantenimiento preventivo y que personas deben de hacer dicho plan de mantenimiento.

Uno de los problemas más frecuentes es que al querer llevar a cabo la implementación de un plan de mantenimiento preventivo, se tiene en consideración que los costos se incrementarán y que es mejor reparar un dispositivo que darle mantenimiento.

El tipo de organización que se ha de utilizar es del tipo funcional, es decir se agrupa al personal de acuerdo a experiencias, habilidades, y respaldo técnico, y ver si estos son capaces de ejercer el plan con eficiencia, capacitándolos frecuentemente, para mejorar sus conocimientos a cerca de la maquinaria, y para que en un futuro cercano puedan aportar valor agregado al plan de mantenimiento `preventivo para calderas piro tubulares Cleaver Brooks.

También se puede crear un grupo normal de trabajo, el cual es un grupo integrado por personas técnicas agrupadas de modo que se trabaje eficientemente y adecuado al número de personas existentes en el departamento. Los grupos de trabajo son los encargados de llevar a cabo el plan de mantenimiento y ejecutar actividades previamente programadas y

calendarizadas de acuerdo a las necesidades presentadas en las diferentes áreas y en su maquinaria.

Como todos los días se encuentran operarios trabajando con turnos de 24 horas, y las máquinas se utilizan 6 horas diarias de lunes a domingo, entonces se puede considerar que el operario de la caldera, puede llevar a cabo el mantenimiento según la planeación y la programación descrita en el capítulo anterior y puede apoyarse también del manual de procedimientos para poder llevar a cabo el mantenimiento.

4.1.3 Dirección

En esta etapa es necesario conocer de qué manera será la delegación de autoridad, para poder llevar a cabo el plan de mantenimiento preventivo descrito en la fase de planeación, es necesario que exista una persona responsable para poder dirigir a los operarios de las calderas, pues este debe de velar porque se cumpla lo planeado y mejorar las condiciones de la maquinaria.

La dirección del proyecto debe de estar estrechamente relacionada con las autoridades de la institución, es decir debe de existir buena comunicación entre el área de mantenimiento y la autoridad de la institución para llevar a cabo el plan sin ninguna dificultad, y poder así evitar problemas con el reglamento interno de la institución.

El tipo de autoridad que se debe de utilizar es del tipo participativo, es decir el encargado de llevar a cabo la implementación del plan, debe de tener muy buena presentación y conocer bien la maquinaria, además debe proyectar responsabilidad, hacia sus subordinados y participar directamente junto con los mismos en la ejecución del plan.

4.1.4 Control

Esta es la etapa final de la administración, la cual tiene como objetivo asegurar que todos los objetivos que se pretenden alcanzar con el mantenimiento preventivo se lleven a cabo y se puedan realizar tanto eficiente como eficazmente.

En el tratamiento y mejoramiento de las prácticas de operación actuales en el área de mantenimiento, se han de incluir herramientas para llevar un buen control del trabajo que se realice así como de los costos a que se incurre, entre estas herramientas podemos citar presupuestos, fichas u hojas de mantenimiento, ordenes de trabajo, etc; por eso se deben analizar, planificar e implementar cada una de estas herramientas en forma adecuada y gradual, tratando la manera de que éstas sean correctamente aceptadas por el personal, pues el principal obstáculo que se puede dar es la resistencia al cambio, por parte del personal.

Para que el plan de mantenimiento sea eficaz y eficiente se debe tener un estricto control, por tal razón se hace necesaria la utilización de documentación técnica, la documentación debe ser revisada, ordenada y archivada, con el fin de utilizarla en el monitoreo posterior de acuerdo a las necesidades que se tengan en el plan de mantenimiento.

Documentación Técnica:

Al poseer un archivo de fallas y datos relevantes de máquinas es imprescindible que exista en el departamento de mantenimiento, razón por la cual es necesario el diseño e implementación de documentación técnica de las calderas.

En términos generales los datos que se deben de recabar de la caldera son: Nombre del equipo, marca, modelo, número de serie, número de catalogo, capacidad, especificaciones, ubicación, fecha de fabricación y de instalación, características eléctricas propias del equipo o de sus componentes y accesorios para utilizar en fechas posteriores en actividades de mantenimiento y con ello agilizar los trabajos y dar una idea generalizada del estado de las partes y de la máquina, a la cual se hace referencia en este documento.

Para llevar a cabo el control de mantenimiento el operario y el supervisor deben de ponerse de acuerdo según la planeación del programa de mantenimiento, y el supervisor tiene que velar porque el mantenimiento se realice tal y como lo describe el manual de procedimientos de este trabajo o proponer métodos más eficientes, y para ello puede apoyarse de las fichas de control descritas a continuación:

Fichas de Control para la inspección de maquinaria:

En este documento se anotarán cada una de las inspecciones realizadas a la maquinaria, de manera que en un futuro se pueda realizar un análisis estadístico, para determinar la cantidad de tiempo en el cual se pueden realizar los períodos de inspección. Es decir a través de este se puede pronosticar la frecuencia con que se deben de hacer las inspecciones.

Figura 12. Ficha de control para la inspección

| | | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|--|------------------------------|--|--|--|--|--|
| Departamento de Mantenimiento | | | | | | | | | | |
| FICHA DE CONTROL PARA LA INSPECCION DEL MANTENIMIENTO | | | | | | | | | | |
| EQUIPO: <i>Caldera pirotubular</i> | | | | | | | | | | |
| Caldera No. : <i>1</i> | | | | | Marca: <i>Cleaver Brooks</i> | | | | | |
| Inspeccionar y Marcar cada Parte como: B ueno D efectuoso | | | | | | | | | | |
| Parte a Revisar | | | | | INSPECCIONES | | | | | |
| Fecha de Realización: <i>19/09/06</i> | | | | | | | | | | |
| | | | | | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| Quemador B | | | | | 2.h | | | | | |

Control de paros

Este es un documento que se asigna a cada máquina, para poder tener el control de los paros ocasionados por inspecciones, fallas y averías, además de los motivos de estos paros. Este es un control que debe de llevar el departamento de mantenimiento.

Esta es la única ficha que se tendrá en la maquinaria permanentemente, ya que se deberán de anotar todos los paros de la maquinaria planificados o no. Además servirá al operador para explicar la merma de producción.

Ordenes de trabajo:

En esta forma se darán a conocer y se harán los cuestionamientos necesarios para poder ejecutar un trabajo de mantenimiento, en esta orden de trabajo se especifican las cosas más importantes y tendrán el respaldo del encargado de mantenimiento en la institución.

Requisición:

Esta hoja es necesaria, para llevar el control de materiales necesarios para el buen funcionamiento de la maquinaria como por ejemplo, el combustible, repuestos auxiliares, o repuestos principales, al realizar este documento, podemos llevar mejor un control de los materiales, tanto en salidas como entradas de material.

Figura 13. Formato de control de paros

| Departamento de Mantenimiento | | | | | |
|---------------------------------------|-----------------|--------|----------------------|-----------------|-------|
| Control de Paros | | | | | |
| Equipo: <u>Calderas pirotubulares</u> | | | | | |
| Marca: <i>Cleaver Brooks</i> | | | Serie: <u>CB-400</u> | | |
| Fecha | MOTIVO DEL PARO | Inicio | Final | Tiempo del paro | Firma |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Figura 14. Formato de orden de trabajo

| | | |
|---|--|------------------|
| Departamento de Mantenimiento | | No. <u> 2 </u> |
| Orden de Trabajo Para Calderas | | |
| Nombre del Mecánico: <i>Julio Estuardo Zamora</i> | Prioridad: Normal () Urgente (x) Muy Urgen () | |
| Fecha de la Orden <i>09/05/06</i> | Localización: <i>Quemador Caldera 1</i> | |
| Trabajos a Realizar; <i>Reparación del quemador</i> | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| Materiales o repuestos a utilizar: <i>fotoceldas, electrodo, empaques</i> | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| Fecha de Ejecución: <i>02/06/06</i> | Hora a realizar: <i>13:00 horas</i> | |
| Firma del mecánico | Firma del supervisor: | |

Figura 15. Formato de requisición de materiales

| | | |
|--|-----------------------------------|------|
| Departamento de Calderas | | No.1 |
| Requisición de Materiales y Repuestos para Calderas | | |
| No. De Caldera: <i>Número 1</i> | | |
| Descripción de materiales | | |
| <i>Código 007</i> | <i>fusible de 10 A para panel</i> | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| Identificación de Repuestos: _____ _____ | | |
| Observaciones: _____ _____ | | |
| Firma: | Firma del jefe de Mantenimiento | |
| | | |
| Autorizado: | | |

5 ASPECTOS A CONSIDERAR PARA EL MEJORAMIENTO

5.1 Monitoreo del plan

El monitoreo del plan de mantenimiento preventivo para calderas pirotubulares, es un tema de creciente importancia dentro de la evaluación de dicho plan, el monitoreo del plan se refiere al grupo de actividades que proporcionan información del estado de la maquinaria y del mantenimiento, requeridas por los especialistas en este tipo de maquinaria.

Los componentes incluidos en la amplia definición del monitoreo del plan de mantenimiento preventivo para calderas CB abarcan: la planeación de la recolección de información del estado de la maquinaria, y del tipo de mantenimiento que se le ha realizado, que cumpla con los objetivos específicos y con las necesidades de información por parte del área de mantenimiento; también el diseño de sistemas y estudios de monitoreo; la selección de sitios de muestreo; recolección y manejo de muestras; análisis de laboratorio; el almacenamiento y reporte de los datos; el asegurarse de la calidad de los datos; así como el análisis, interpretación y el poner la información al alcance de aquellos que toman las decisiones.

Es indispensable que la persona encargada de llevar a cabo la dirección del programa de mantenimiento, utilice medios para conocer si realmente se está llevando a cabo el programa de mantenimiento preventivo, uno de estos medios podría ser fichas de control, o por medio de la creación de registros como lo muestran los siguientes formatos.

a) Ficha de Maquinaria:

Como parte fundamental de la institución hospitalaria, para llevar a cabo el monitoreo, se tiene la ficha de la maquinaria, esta será la ficha de identificación, en la cual deberá estar toda la información que sea necesaria. Por ejemplo, el nombre de la máquina, la marca, el fabricante, modelo, número de serie, características, ubicación, así como otro dato que fuesen de utilidad, para poder identificar y conocer las necesidades en un tiempo corto.

Figura 16. Formato de ficha de maquinaria

| | | | | | |
|-------------------------------|--------|------------|------|------------|--------|
| Departamento de Mantenimiento | | | | | |
| FICHA DE LA MAQUINARIA | | | | | |
| Departamento: | | Marca: | | Serie: | |
| Modelo: | | Capacidad: | | Proveedor: | |
| Motores | Fases: | Potencia: | RPM: | Volts: | Otros: |
| Mantenimiento de Rutina: | | | | | |
| _____ | | | | | |
| _____ | | | | | |
| _____ | | | | | |
| _____ | | | | | |
| _____ | | | | | |
| _____ | | | | | |
| _____ | | | | | |
| Lubricación de Rutina: | | | | | |
| _____ | | | | | |
| _____ | | | | | |
| _____ | | | | | |
| _____ | | | | | |
| _____ | | | | | |
| _____ | | | | | |
| _____ | | | | | |
| _____ | | | | | |
| Datos de los Repuestos: | | | | | |
| _____ | | | | | |
| _____ | | | | | |
| _____ | | | | | |
| _____ | | | | | |
| _____ | | | | | |
| _____ | | | | | |

b) Reporte Mensual

Este se debe de hacer cada mes y se irán acumulando durante un año, de esta manera se tomaran como base para posteriores mantenimientos. En este reporte se tiene el número de trabajos ejecutados previa planificación, programados y no programados y el número total de trabajos ejecutados. El cociente del trabajo total sobre el trabajo programado, multiplicando por cien da el porcentaje de trabajos planeados, lo cual representa el índice del orden que el trabajo sigue realmente.

$$\text{(Trabajo total)/}(\text{Trabajo programado}) \times 100 = \% \text{ de trabajos planeados}$$

5.2 Evaluación del plan.

Debemos de conocer, si el implementar el plan de mantenimiento preventivo nos generará ventajas y también de que forma podemos evaluar dicho plan, con el objetivo de conocer si realmente se está logrando una mejora a la maquinaria a menores costos, para ello podemos utilizar control de costos, control de recursos, reparaciones realizadas en cierto período, y ver estos movimientos en comparación con los de las máquinas sin aplicarles mantenimiento.

Para empezar el mantenimiento preventivo de una caldera es condición previa e indispensable que ésta funcione satisfactoriamente, por lo que deberá considerarse inicialmente, la evaluación completa de las condiciones de operación y funcionamiento. En esta parte del mantenimiento es importante establecer la causa o causas que han originado o podrían originar fallas en el futuro, a fin de tomar las medidas pertinentes para asegurar el éxito del programa. Es necesario que el mantenimiento preventivo se realice de una

manera sistemática, es decir, mediante acciones periódicas y en un orden preestablecido utilizando cualquiera de los siguientes métodos:

Observación de la Operación:

Esta actividad la ha de hacer el operador, pues este a través de años de uso conoce el sonido la vibración y el comportamiento de las máquinas, por lo que algo fuera de lo común como un ruido extraño podría dar aviso al supervisor de la anomalía que presenta la maquinaria, y dar inicio a realizar un diagnóstico de la misma, tratando de encontrar el problema, y si es posible repararlo, o tal vez se haga necesario contratar personal calificado.

Pruebas Periódicas:

Esta actividad debe hacerse por el operario, se le realizan pruebas a la caldera para poder saber si esta funcionando adecuadamente, entre estas pruebas podemos citar las siguientes:

1. Prueba de Observación: Esta prueba se realiza, observando si la chimenea expulsa gases muy oscuros, esto nos indica que existe mucho consumo de combustible que lo que realmente se necesita para una buena combustión, por lo cual se debe de graduar la entrada de combustible.
2. Fallas del programador: Esta las realiza automáticamente la caldera, en la cual indica a través de códigos de error, expresados por números de la falla que tiene la caldera.

3. Pruebas de Temperatura: Observar la temperatura del termómetro de la chimenea, y de esta manera observar si es la adecuada, para la evacuación de los gases de combustión.
4. Prueba de Falla de llama principal: Deje la llave de cierre de gas al piloto abierta y cierre el abastecimiento de combustible principal. Gire el interruptor del quemador a “on” en el programador. El piloto se prende al terminar el período de prepurga. Las válvulas de combustible principales reciben energía pero no debe haber una llama principal. El interruptor de seguridad debe de accionarse y cerrar del fin de ensayo para ignición..

Inspección:

Las inspecciones suelen ser proyectadas para tiempos de interrupción normal de la caldera, aunque se puede efectuar en otros tiempos, estas inspecciones las ha de realizar el operador, con el objetivo de descubrir piezas o partes defectuosas, la inspección en si es revisar todas las partes básicas de la caldera antes de utilizarla, para evitarse problemas posteriores.

Fiabilidad:

La fiabilidad es la probabilidad de que una parte de la máquina o del producto funcione adecuadamente en un momento determinado y bajo unas condiciones establecidas.

La maquinaria se compone de elementos individuales entre sí, cada uno de los cuales desempeña una función determinada. Si por cualquier motivo, uno de los componentes falla al realizar su función, puede fallar todo el sistema.

Para medir la fiabilidad en un sistema en el que cada parte o componente individual puede tener su propio índice de fiabilidad, lo calculamos de la siguiente manera

$$R_t = R_1 \times R_2 \times R_3 \dots\dots\dots$$

Donde R_t = fiabilidad de la maquina

R_i = Fiabilidad del componente

La fiabilidad de un componente individual no depende de la fiabilidad de los otros componentes (es decir que cada componente es independiente). Además, en la ecuación anterior como en la mayor parte de las representaciones de la fiabilidad, ésta se expresa en términos de probabilidad. Por lo tanto, una fiabilidad del 0.9 significa que la unidad realizará su función el 90% del tiempo. También significa que fallará $(1-0.9) = 0.1 = 10\%$ del tiempo.

La fiabilidad de un componente suele ser una cuestión de diseño o de especificación, cuya responsabilidad recae sobre el personal de diseño de ingeniería.

Por ejemplo para encontrar la fiabilidad de una caldera Cleaver Brooks de la institución podemos calcularla de la siguiente manera: Tomando en consideración, sistema de combustible bunker 85% de fiabilidad, sistema de alimentación de gas propano 85% de fiabilidad, sistema de alimentación de agua para calderas 85%, sistema de combustión 75% de fiabilidad, sistemas de control 85% de fiabilidad.

Entonces la fiabilidad de la caldera sería:

$$R_t = 0.85 * 0.85 * 0.85 * 0.75 * 0.85 = 0.3915$$

Debe de aplicarse mantenimiento preventivo pues la fiabilidad del sistema es muy baja, lo cual el sistema muy fácilmente puede generar problemas.

CONCLUSIONES

1. Las calderas pirotubulares son de menor capacidad en comparación con las acuatubulares, debido a que su construcción es distinta a las acuatubulares, por que en las pirotubulares el calor pasa a través de los pasos, y se transmite a la cámara de agua, para llevar a cabo la evaporación, mientras que en las calderas acuatubulares es el agua que está circulando y el hogar transmite calor al agua y de esta manera lleva el proceso de evaporación a mayores presiones.
2. Es necesario el tratamiento de agua para calderas, pues éste evita y destruye sedimentos e incrustaciones, ya que son la causa frecuente del excesivo consumo de combustible de la máquina.
3. El manual de procedimientos es un apoyo para realizar el mantenimiento preventivo de una manera más fácil, pero para ello el operario debe de conocer las partes principales, así como también, los accesorios de las calderas pirotubulares.
4. Cualquier programa de mantenimiento preventivo, que este bien confeccionado producirá beneficios que sobrepasen su costo. Cuanto más desarrollada es la tecnología hospitalaria, más necesitará de las ventajas del mantenimiento preventivo; los costos de mantenimiento del equipo moderno son mayores y también lo son los costos del tiempo ocioso.
5. Al llevar a cabo la implementación del programa de mantenimiento preventivo para calderas pirotubulares se puede lograr la conservación del equipo e incrementar su vida útil, y de esta manera mantenerla en

condiciones normales de funcionamiento, a fin de reducir costos de operación y aumentando su rendimiento.

6. Para llevar a cabo la ejecución e implementación del plan de mantenimiento preventivo para calderas pirotubulares, es necesario que se base en una buena planificación, y después de los procedimientos para el mantenimiento tener en cuenta fichas de control en donde se establezca, la fecha, el nombre del operario, actividad realizada, materiales utilizados, para la ejecución del plan.
7. Uno de los problemas más frecuentes que existen al llevar a cabo la implementación de un proyecto nuevo, es la resistencia al cambio por parte del personal, y para ello es vital dar a conocer al empleado la importancia de ejecutar un buen plan de mantenimiento preventivo, y las ventajas que este conlleva al ejecutarlo, así como los logros que se pueden obtener al implementarlo, toda esta información debe dárseles en forma gradual, de manera que el empleado vaya adiestrándose a su nueva rutina de trabajo.

RECOMENDACIONES

1. Después de la operación de la caldera, se debe de purgar las tuberías para drenar el condensado, para evitar el golpe de ariete, en el posterior arranque.
2. Obtener resultados a corto plazo puede destruir el sistema, los niveles directivos pueden estar esperando resultados concretos de disminución y reducción en el número de paradas en un lapso muy corto de tiempo pero se requiere de un período razonable para un adecuado funcionamiento.
3. Hacer una inspección periódica del sistema de alimentación ya que frecuentemente los sedimentos lodos que son arrastrados tapan los filtros válvulas cheque e incluso los reductores de la red de abastecimiento de la misma asimismo es recomendable limpiar la bomba de agua y lubricar las partes de ella que lo necesiten. Una limpieza del tanque de condensado evitara el deterioro disminuyendo la corrosión, pero lo más importante es retirar todos los sedimentos que se depositan en el Mc-donell, ya que esto evitará que el flote se atasque y que de un falso nivel de agua en la caldera.
4. Se debe proporcionar la capacitación adecuada y periódica del personal técnico del departamento de mantenimiento, específicamente en sus áreas de trabajo.
5. Es necesario dar seguimiento a las propuestas y programas especificados en éste trabajo, los resultados no serán inmediatos, pero serán de mucho beneficio para la institución.

BIBLIOGRAFÍA

1. BARRERA Urrutia, Sergio Estuardo. Diseño de una estrategia óptima de Mantenimiento de calderas en una industria. (Tesis) Guatemala: USAC 1993.
2. PRADO Raúl, Manual de Gestión de Mantenimiento a la medida, Madrid: Paraninfo, 2001.
3. COLMENARES, Sandra División y Mantenimiento de Ingeniería Agua para calderas. Guatemala: Ministerio de Salud Pública.
4. SAMAYOA Ramos, Rodolfo Estuardo. Control automático de combustión Para calderas. (Trabajo de Graduación: Fac. ing. Mec. USAC) Guatemala: 1989.83pp
5. CARDONA Revolorio, Juan Ángel. Diseño y evaluación de un programa de mantenimiento preventivo(Tesis) Guatemala: USAC 1993.
6. RIVAS Castellanos, Apuntes de legislación ambiental e instrumentos técnicos Ambientales. Guatemala: 2004.
7. MANUAL DE OPERACIÓN CALDERAS CLEAVERS-BROOKS, U.S.A. 1998.
8. COMISIÓN DE NORMAS GUATEMALTECAS COGUANOR. Guatemala, C.A. 1996.

ANEXO 1 TRATAMIENTO DE AGUA PARA CALDERAS PIROTUBULARES

Tratamiento de Agua para Calderas:

Es un tratamiento químico que es necesario darle al agua que ha de alimentar a la caldera, para evitar incrustaciones y sedimentos dentro de la cámara de agua de la caldera, lo cual estas incrustaciones y sedimentos hacen que el proceso de evaporización del agua sea más tardía, aumentando el consumo de combustible, y corroyendo la superficie.

¿Qué es el agua? ¿Cuál es su fuente?

En un 100% el agua cruda contiene 2 partes de hidrógeno por 1 de oxígeno. Estos dos gases forman un compuesto que se encuentra, por naturaleza, en los estados sólidos, líquidos y gaseosos.

a) Elementos Objetables en el Agua:

Si el agua únicamente fuera H₂O no se requerirán tratamientos, pero el agua pura no existe y su impureza varía. La aproximación más cercana es el agua de lluvia que, sin embargo, contiene elementos sujetos a objeción.

b) Incrustaciones en los conductos debidas al bicarbonato de Calcio u otros materiales:

El grado de evaporación en algunas calderas da como resultado la formación de incrustaciones en el sistema, el efecto menos perjudicial causado por las incrustaciones es el bajo rendimiento. Una cantidad mínima como sería entre 10 y 20 pulgadas de incrustación, reduce el rendimiento de la caldera en

un 30% aproximadamente. Después de un año se traducirá en una pérdida de combustible considerable.

Las incrustaciones también provocan fallas en los conductos, el verdadero daño de las incrustaciones reside en que al dejarlas en los tubos por largo tiempo impiden la transmisión de calor al agua y ello ocasiona recalentamiento en los conductos o tubos con las consecuentes rupturas.

c) Tratamiento de Agua para las Calderas:

Para llevar a cabo el tratamiento del agua para calderas se deben de seguir los siguientes pasos:

1. Removiendo el Calcio:

Puede removerse el calcio, magnesio y sílice antes de que el agua de alimentación llegue a la caldera.

2. Usando Químicos:

Aplicando químicos como fosfatos, coloides, desechos orgánicos, etc., al agua de la caldera, con lo que los sólidos se formaran en lodo en lugar de formar costras o incrustaciones.

3. Efectuando Purgas:

Programando purgas que removerán los sólidos disueltos y el lodo.

d) Clases de Mantenimiento:

- a. Agua Cruda --- carga de calefacción
- b. Agua Cruda --- Elaboración de energía.
- c. Agua Cruda --- Planta de Alimentos
- d. Agua Blanda --- Carga de Calefacción

- e. Agua Blanda --- Elaboración de energía
- f. Agua Blanda --- Planta de Alimentos

Para cada una de las categorías arriba citadas, el tipo de agua cruda disponible deberá, ser analizado detenidamente para poder determinar, con exactitud el tratamiento a usarse. Podemos afirmar que la mayoría de compañías dedicadas a esta clase de servicios tienen disponible más de un tipo de tratamiento para aplicar a la inmensa variedad de agua cruda existente.

e) Purgas:

Las purgas eliminan del sistema el lodo compuesto por el calcio, normalmente insoluble y otras materias que lo han formado al aplicar tratamientos.

Si la purga no es suficiente, el lodo puede llegar a cocinarse en los tubos y formar depósitos difíciles de remover, especialmente en los lados y parte interior de la caldera.

1. Sitio adecuado para efectuar la purga:

Las calderas en servicio en la actualidad, cuentan con diversos sitios para efectuar purgas, algunas otras han sido equipadas posteriormente con un aditamento para efectuar purgas y del que continuamente fluye agua de la caldera. Sin embargo, llamamos la atención a efecto de que dicho aditamento en ningún momento deberá suplantar las purgas periódicas que se deben efectuar.

2. Cantidad de Agua requerida al Purgar:

Deben de fijarse los ciclos de concentración apropiados, los cuerpos variarán dependiendo de la clase de agua de alimentación y de las condiciones de operación. Generalmente se recomienda no acumular más de 8 a 10 ciclos de concentración en el sistema. Los fabricantes de generadores generalmente fijan el límite de sólidos disueltos de manera que resiste el sistema sin peligro de dañar la unidad o causar efectos adversos.

f) Elementos Adicionales en el agua:

Si además de los daños y bajo rendimiento que ocasiona incrustaciones no chequeamos los otros elementos indeseables existentes en el agua de la caldera, repentinamente notaremos que el agua actúa en forma equivocada saliendo de la caldera juntamente con el vapor, el que en condiciones normales saldría solo.

Deberá señalarse que esto es contraproducente por varias razones:

- El vapor mojado puede contaminar plantas de alimentos.
- Actúa desfavorablemente en depósitos de turbina de aletas.
- Daña la tubería más rápidamente.

Al presentarse en el agua estos otros elementos, inmediatamente deberá chequearse la alcalinidad y el ciclo de concentración, en caso de encontrarse ambos límites normales deberán buscar otras causas, tales como presencia de aceite.

g) Eliminación de Incrustaciones o Costras:

Para que la remoción de incrustaciones sea efectiva deberá hacerse un plan de mantenimiento. Podrá hacerse uso de cepillos y brochas de alambre, además de los químicos seleccionados para la labor.

Por largos años se han empleado soluciones de ácidos basadas en grados técnicos de ácido hidroclicóricu.

Los ácidos líquidos tienen la ventaja de una acción rápida, economía y facilidad de aplicación. Sin embargo, deberá tenerse mucho cuidado al aplicarlos.

Afortunadamente tenemos disponible ácido en forma SECA. Este ácido el sulfámico (no confundir con Sulfúricu), viene en forma seca para su manejo hasta el momento en que se vaya a aplicar, y el tenerlo almacenado no reduce su potencia.

Indiferentemente a que ácido se use para remover las incrustaciones, es muy importante seleccionar el adecuado. Así mismo, deberá tenerse en cuenta que sea inhibidor, para evitar que al entrar en contacto con las superficies metálicas del sistema no cause ningún daño.

ANEXO II **FUNDAMENTOS BÁSICOS EN LA EJECUCIÓN DE ANÁLISIS**

Consideraciones que se han de tomar para el análisis del agua de la caldera:

a) Para obtener agua para análisis se deberá:

- Purgar la caldera por 30 segundos para limpiar los conductos de desechos.

- Recoger la muestra en un recipiente limpio; permitir que enfríe y guardarla en una botella plástica.

b) Productos que puede encontrar en el mercado para llevar a cabo el tratamiento de agua para calderas:

1. Removedores de incrustaciones y costras:

- SAFE X
- QUICKIE
- SAFE-T en polvo

2. tratamiento de Aguas

- CONTROL I líquido y polvo
- CONTROL II Líquido y polvo
- CONTROL III Líquido
- ALKI-SCALE En polvo

