



**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA TODOS LOS
EQUIPOS DE LA SECCIÓN DE CALDERAS DE LA PLANTA DE
COOLECHERA CARTAGENA.**

**ENRIQUE ARTURO MACIA ALVAREZ
MAURICIO JAVIER PUERTAS CASTRO**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECANICA Y MECATRÓNICA
CARTAGENA DE INDIAS D. T. Y C.
NOVIEMBRE DE 2008**



**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA TODOS LOS
EQUIPOS DE LA SECCIÓN DE CALDERAS DE LA PLANTA DE
COOLECHERA CARTAGENA.**

**ENRIQUE ARTURO MACIA ALVAREZ
MAURICIO JAVIER PUERTAS CASTRO**

**MONOGRAFÍA REQUISITO PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO
MECÁNICO**

**DIRECTOR
JUAN GABRIEL FAJARDO CUADRO
INGENIERO MECÁNICO**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA Y MECATRÓNICA
CARTAGENA DE INDIAS D. T. Y C.
NOVIEMBRE DE 2008**

Nota de aceptación

Firma director de tesis

Firma del jurado

Firma del jurado

CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C. NOVIEMBRE DEL 2008

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser mi gran grande amigo, por ser mi apoyo, por se mi compañía en todos los momentos de mi vida, por cuidarme y enseñarme que sin El no soy nada. Por haberme regalado lo mas grande en mi vida que ha sido mi Madre.

Filipenses 4: 13: Todo lo Puedo en Cristo que me fortalece...

A mi MADRE, por el apoyo incondicional que me ha dado toda la vida, por su comprensión, ayuda, y por su amor sin igual que me motivaron para conseguir este triunfo. Ella es sin lugar a dudas la muestra de lo mucho que Dios me ama.

A mi PADRE, por acompañarme en los momentos más difíciles, por apoyarme y brindarme comodidades.

A mi compañero por compartir conmigo esta experiencia, por el apoyo y comprensión.

A toda mi familia y a mis amigos por su apoyo ya que sin su ayuda este proyecto seria inalcanzable.

MAURICIO JAVIER PUERTAS CASTRO

AGRADECIMIENTOS

Zuiero dedicar este trabajo a Dios por ser mi guía espiritual, en los momentos más difíciles y felices en vida y por rodearme de personas que han creído en mí, apoyándome en todo momento sin importar las circunstancias, pero en especial a...

... Mi MADRE por ser una mujer fuerte y no dejarse vencer por todas las dificultades que tuvo que pasar para que mis hermanos y yo seamos las personas que hasta el día de hoy somos. Brindarme su inmenso amor y cuidados, convirtiéndose en el motor de ser que ha impulsado para seguir siempre adelante y no dejarme caer en los momentos de zozobra, y por enseñarme los valores por los cual es se rige mi vida.

Mis HERMANOS las personas con las que he convivido y compartido muchas experiencias que nos dejan lecciones valiosas en nuestras vidas.

A mi compañero porque sin el esta experiencia que nos puso la vida y Dios no hubiese sido lo mismo.

Mis familia, amigos y a todos aquellos que de un modo u otro han estado siempre a mi lado.

ENRIQUE ARTURO MACÍA ALVAREZ

Cartagena de indias, 12 diciembre de 2008

Señores
Comité Evaluador de Proyectos de Grado
Universidad Tecnológica de Bolívar
Programa de Ingeniería Mecánica y Mecatronica
Ciudad

Respetados señores:

A traves de la presente certifico que he asesorado el trabajo de grado titulado:
Programa de Mantenimiento Preventivo para todos los equipos de la sección de calderas de la planta Coolechera s.a., realizado por los jóvenes: **MAURICIO PUERTA CASTRO** y **ENRIQUE MACIA ALVAREZ**, estudiantes del programa de ingeniería Mecánica. A juicio de este servidor el trabajo por mi asesorado reúne los requisitos establecidos.

Cordialmente

Juan Fajardo cuadro
Ingeniero Mecánico
Universidad Tecnológica de Bolívar

REGLAMENTO ACADÉMICO
Artículo 105

“La Universidad Tecnológica de Bolívar se reserva el derecho de propiedad intelectual de todos los trabajos de grado aprobados, y no pueden ser explotados comercialmente sin su autorización.”

CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C. 20 NOVIEMBRE DEL 2008

**Señores:
Comité de grado
Programa de Ingeniería Mecánica
Universidad Tecnológica de Bolívar
Ciudad**

Con la presente nos permitimos someter para su estudio, consideración y aprobación la monografía titulada “**Programa De Mantenimiento Preventivo Para Todos Los Equipos De La Sección De Calderas De La Planta De Coolechera Cartagena**”, realizada por los estudiantes Enrique Arturo Macia Álvarez y Mauricio Javier Puerta Castro, para obtener el título de Ingeniero Mecánico.

Cordialmente,

Enrique Arturo Macia Álvarez

Mauricio Javier Puerta Castro

AUTORIZACIÓN

Cartagena de Indias D.T Y C. 20 Noviembre de 2008

Yo Mauricio Javier Puerta Castro, identificado con la cedula de ciudadanía numero 73.211.653 de Cartagena (Bolívar), autorizo a la Universidad Tecnológica de Bolívar para hacer uso de mi trabajo de grado y publicarlo en el catalogo online de la biblioteca.

Mauricio Javier Puerta Castro
C.C # 73.211.653 de Cartagena

AUTORIZACIÓN

Cartagena de Indias D.T Y C. 20 Noviembre de 2008

Yo Enrique Arturo Macia Álvarez, identificado con la cedula de ciudadanía numero 73.205.821 de Cartagena (Bolívar), autorizo a la Universidad Tecnológica de Bolívar para hacer uso de mi trabajo de grado y publicarlo en el catalogo online de la biblioteca.

Enrique Arturo Macia Álvarez
C.C # 73.205.821 de Cartagena

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	17
1.1. Información de la empresa	18
1.1. Resumen	19
1.1. Justificación	20
1.2. Objetivos	21
1.2.1. Objetivo general	21
1.2.2. Objetivos específicos	21
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
2.1. Descripción del problema	22
2.2. Formulación del problema	22
3. GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO	23
3.1. RESEÑA HISTÓRICA DEL MANTENIMIENTO	23
3.2. Conceptos generales del mantenimiento	24
3.3. Tipos de mantenimiento	26
3.3.1. Mantenimiento correctivo	26
3.3.2. Mantenimiento preventivo	28
3.3.3. Mantenimiento predictivo	29
4. CALDERAS	31
4.1. Componentes de una caldera	31
4.1.1. Cámara de agua	31
4.1.2. Cámara de vapor.	32
4.1.3. Cámara de combustión	32
4.1.4. Circuitos de humos	32
4.1.5. Caja de humos	33
4.1.6. Puerta o frente de caldera	33
4.1.7. Envoltente aislante	33
4.2. Clasificación de las calderas	34
4.2.1. Material de fabricación	34
4.2.2. Disposición de los fluidos	34
4.2.3. Presión que maneja	36
4.2.4. Configuración	36
4.2.5. Fluido transportado	37
4.2.6. Combustible empleado	37
4.2.7. El tipo de tiro	38
4.2.8. Su aplicación	38
5. ELEMENTOS DE FUNCIONAMIENTO DE UNA CALDERA	39
5.1. Agua	39
5.2. Fuego	41

5.3. Superficies de transferencia de calor	41
6. CONTROLES PARA MANEJO Y SEGURIDAD DE CALDERAS	42
6.1. Controles para agua en calderas piro tubulares	42
6.2. Controles para combustible	42
6.3. Controles para la atomización aire-vapor	43
6.4. Controles para manejo y seguridad aire combustión	43
6.5. Controles para manejo y seguridad de calderas moduladas	43
6.6. Controles para manejo y seguridad del regulador (dámper) de tiro forzado	44
6.7. Controles para manejo y seguridad de llama.	44
6.8. Controles para manejo y seguridad de tanques de condesados	44
6.9. Controles para manejo y seguridad en el tanque diario de combustible	44
6.10. Control para seguridad de gases en la chimenea	45
6.11. Control para manejo y seguridad de vapor de la caldera	45
6.12. Control para manejo y seguridad de ignición a gas o ACPM	45
6.13. Válvulas de seguridad	45
6.14. Purgas	46
7. PROTECCIÓN DE LAS CALDERA	47
8. GUÍA PARA IDENTIFICACIÓN DE FALLAS	48
9. TRATAMIENTO DE AGUA DE LA CALDERA	54
9.1. Generalidades	54
9.1.1. Dureza del agua	54
9.1.1.1. Constituyentes incrustantes	55
9.1.1.2. Constituyente solubles	55
9.1.1.3. Constituyentes corrosivos	55
9.1.1.4. Constituyentes espumante	55
9.1.2. Sólidos en el agua de calderas	55
9.1.2.1. Sólidos en suspensión	55
9.1.2.2. Sólidos disueltos	56
9.1.2.3. Sólidos totales	56
9.1.3. PH del agua de la caldera	56
9.2. Objetivos del tratamiento de agua	58
9.2.1. Incrustaciones y depósitos	58
9.2.2. Protección contra la corrosión	58
9.2.3. Eliminación de arrastre	59
9.2.4. Corrosiones contra fragilidad	59
9.2.5. Observaciones al mejor uso de la caldera	60
10. MANTENIMIENTO	61

10.1 SISTEMA DE CODIFICACIÓN DE LA PLANTA DE COLECHERA-CARTAGENA	62
10.1.1. La primera cifras	62
10.1.2. La segunda cifra	63
10.1.3. La tercera cifra	64
10.1.4. La cuarta cifra	64
10.1.5. Código completo	65
10.2. Mantenimiento de algunos componentes	65
10.2.1. Conjunto de quemador	65
10.2.2. Ventilador	66
10.2.3. Componentes electrónico	67
10.2.4. Refractario	68
10.2.5. Tubos de fuego	68
10.3. Programa de mantenimiento diario	69
10.4. Programa de mantenimiento semanal	70
10.5. Programa de mantenimiento mensual	71
10.6. Programa de mantenimiento semestral	73
10.7. Programa de mantenimiento anual	74
10.8. Procedimientos de inspección y mantenimiento de los equipos de la sección de calderas	74
10.8.1. Procedimiento de inspección y mantenimiento de motores eléctricos	74
10.8.2. Procedimiento de inspección y mantenimiento para relés de protección	76
10.8.3. Procedimiento de inspección y mantenimiento de caldera	76
10.8.3.1. Quemador	76
10.8.3.2. Sistema de ignición	77
10.8.3.3. Lado de agua	77
10.8.3.4. Lado de fuegos y/o humos	78
10.8.3.5. Prueba hidrostática	79
10.8.4. Procedimiento de inspección y mantenimiento a bombas de agua alimentación caldera y condensado	79
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

LISTA DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1: Evolución del mantenimiento	22
TABLA 2: Ventajas y desventajas del mantenimiento Correctivo	25
TABLA 3: Ventajas y desventajas del mantenimiento Preventivo	27
TABLA 4: Ventajas y desventajas del mantenimiento Predictivo	28
TABLA 5: Parámetros mínimos requeridos para el agua de alimentación de una caldera piro tubular	38
TABLA 6: Parámetros mínimos requeridos para el agua en el interior de una caldera piro tubular	30
TABLA 7: Falla en el arranque	46
TABLA 8: Falla en el encendido	47
TABLA 9: Fallas en la llama principal durante el arranque	48
TABLA 10: Falla durante la operación	49
TABLA 11: Falla en los materiales	50
TABLA 12: Clasificación de dureza	52
TABLA 13: Impurezas comunes en el agua y efectos posibles cuando se emplean para alimentación de calderas	55
TABLA 14: Nomenclatura de la sección	60
TABLA15: Designación de nombre a cada equipo	61
TABLA16: Individualización de cada equipo	62
TABLA17: Designación de respaldo	62
TABLA 18: Codificación completa	63

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Esquema General de la Producción de Vapor	16
Figura 2: Diagrama Formas de Mantenimiento	24
Figura 3: Distribución de componentes en una caldera piro tubular	31
Figura 4: Caldearas Acuotubulares	33
Figura 5: Caldera Piro Tubulares	33
Figura 6: Caldera Vertical	34
Figura 7: Vista interior C.V.	34
Figura 8: Caldera Horizontal	34
Figura 9: Implosión en caldera	51
Figura 10: Incrustaciones en las calderas	56
Figura11: Sección de calderas Planta Coolechera-Cartagena	59

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO A. FICHAS TÉCNICAS DE LAS CALDERAS
- ANEXO B. FORMATOS DE ORDEN DE TRABAJO
- ANEXO C. IMÁGENES DE LA SECCIÓN DE CALDERAS

INTRODUCCIÓN

Para coolechera la calidad de sus productos es la base fundamental de su desarrollo, es por eso que el perfecto funcionamiento y desempeño de las variables que afectan sus procesos son la clave del éxito de cada una de sus líneas de producción. Es por todo lo anterior que un análisis detallado de los sistemas y equipos con los que desarrollan sus productos es fundamental para crecimiento y fortalecimiento de la gran familia de Coolechera, de que se haga necesario el conocimiento de un equipo primordial para la conservación y desarrollo de la leche, como lo son las calderas de vapor.

La generación de vapor (calderas), tiene como consecuencia la obtención de energía mecánica y/o eléctrica y calefacción de los procesos industriales. La conducción segura y eficiente de las calderas, el conocimiento de su funcionamiento, operación y mantenimiento, favorecen el aprovechamiento al máximo de su energía, a la vez que minimizan los riesgos operativos del equipo. El costo de los combustibles así como el buen funcionamiento de este equipamiento tienen una relevancia muy importante tanto desde el punto de vista económico como ambiental. Durante el proceso productivo en la planta de tratamiento de leche Coolechera, el vapor es un elemento fundamental, ya que este es utilizado en muchos procesos y etapas del tratamiento de la leche cruda para convertirla en productos aptos para el consumo humano. La utilización del vapor es clave en procesos tales como: **Pasteurización, Leche en polvo, Leches ácidas.**

Pasteurización: “La leche pasteurizada se obtiene después del proceso de pasteurización, que consiste en el calentamiento de la leche cruda a altas temperaturas seguido de un rápido enfriamiento; este proceso se realiza con el fin de eliminar microorganismos propios de la leche y que pueden afectar la salud humana, ya que estos no pueden sobrevivir a cambios bruscos de temperatura, además estos microorganismos limitan la posibilidad de conservar la leche sin refrigeración por largos períodos de tiempo”.

Leche en polvo: “La fabricación de leche en polvo requiere un proceso de pulverización. Primero se recibe la leche y se estandariza y homogeniza su nivel de grasa. Posteriormente es pasteurizada y mediante desecación por cilindros o por pulverización se obtiene la leche en polvo”.

Leches ácidas: “Para la obtención de leches ácidas (yogur) se agregan aditivos, estabilizantes o vitaminas a la leche homogeneizada; después el compuesto es sometido a tratamientos térmicos a diferentes temperaturas (Vapor y agua fría) y luego se inocula e incuba con streptococcus, termofilus y el lactobacilus bulgaricus. Terminados estos procesos, la mezcla se enfría,

obteniéndose el yogur base. A éste se agregan frutas, jarabes, saborizantes y colorantes, para producir yogures especiales.

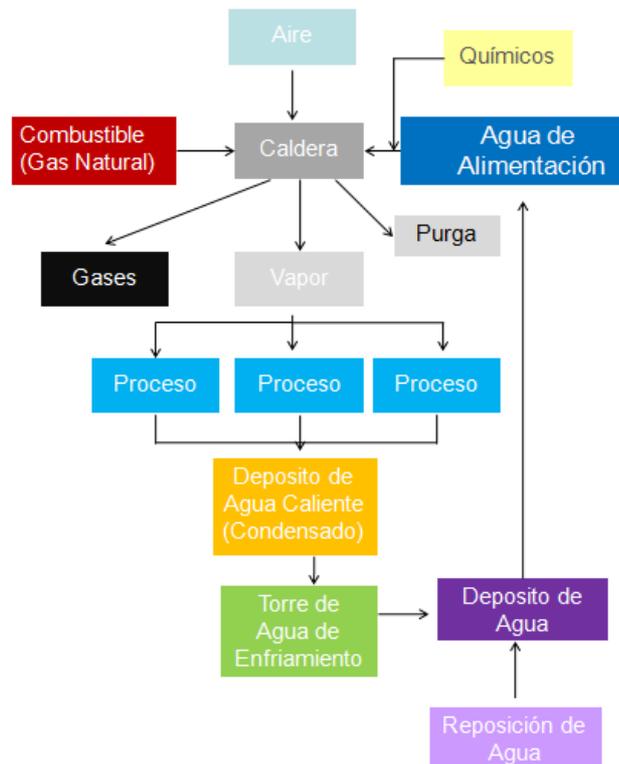


Figura 1: Esquema General de la Producción de Vapor.

1.1. INFORMACIÓN DE LA EMPRESA

COOLECHERA: La Cooperativa de Productores de Leche de la Costa Atlántica, Coolechera, es considerada una empresa líder, no solo a nivel regional sino nacional. Coolechera posee puntos de distribución en los departamentos de Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba, Guajira, Magdalena y Sucre y, recientemente, abrió sus oficinas en las ciudades de Bucaramanga y Bogotá.

Gracias a la calidad y economía de sus productos, Coolechera es la cooperativa láctea número uno de la costa Caribe colombiana y se proyecta como una de las más grandes a nivel nacional.

MISION: Impulsar con la fuerza de nuestros valores el desarrollo del país a través del trabajo digno y en armonía; brindando oportunidades de superación a Campesinos, Cooperados y Colaboradores.

VISION: Para trascender en el nuevo milenio en armonía con la naturaleza, producimos alimentos para la vida, fortaleciendo el campo, respetando nuestros valores y principios cooperativos.

HISTORIA: Coolechera marcó el inicio de su historia en 1933. Con el objetivo de comercializar la producción de sus hatos, brindar a la comunidad productos saludables y contribuir con la generación de empleo en la región, 38 ganaderos residentes en el departamento del Atlántico constituyeron la Cooperativa de Productores de Leche de la Costa Atlántica Ltda. "Coolechera". Así se formó la segunda cooperativa lechera en Colombia y la primera en el área del procesamiento y comercialización de la leche y sus derivados, asumiendo el liderazgo de este segmento con el nuevo concepto de empresas de economía solidaria.

La Cooperativa inició sus labores de leche envasada en botellas de vidrio, produciendo un total de cuatro mil (4.000) litros diarios.

La línea variada de productos de Coolechera fue naciendo de acuerdo con las necesidades manifestadas de sus consumidores, en su orden aparecieron así: leche pasteurizada, mantequilla, leche en polvo, queso, yogurt de diversos sabores, queso de crema, entre otros que existen actualmente.

Ser miembros de la familia Coolechera es un estilo de vida caracterizado por la vivencia de sus valores.

1.2. RESUMEN

El propósito de este trabajo es diseñar un plan de mantenimiento preventivo en la sección de calderas de la planta Coolechera-Cartagena y busca optimizar al máximo el desempeño de cada uno de los equipos que hacen parte de esta sección que es de vital importancia para el desarrollo de la gran mayoría de procesos que se desarrollan en la planta.

Este plan de mantenimiento se basa en los conceptos fundamentales del mantenimiento preventivo como lo son la clasificación de activos, su codificación y la recolección de la mayor cantidad de información inherente a los componentes de la sección, saliendo de este último paso la mayor complicación en el desarrollo de este plan de mantenimiento, ya que durante el trabajo investigativo desarrollado en las instalaciones de la planta en el departamento de mantenimiento nos encontramos con la dificultad de que para esta sección en específico existía una total ausencia de información escrita referente a las calderas y a sus equipos auxiliares, y paralelamente una parte limitada de la información basada en la experiencia del personal de mantenimiento de la planta, quien también se encarga de la operación de los

equipos de esta sección. Como principio de trabajo esta la documentación referente a las calderas y que busca que en todo el personal de producción y mantenimiento tengan una visión general de estos recipientes de presión: características principales, controles y sus modos de operación basados en el conocimiento particular de cada uno de los elementos que la conforman.

Pero la parte central de este trabajo esta en la determinación de unas frecuencias optimas de mantenimiento de los equipos de la sección, basándonos, debido a la ausencia de históricos de mantenimiento propios de la planta, en las experiencias de otras plantas con calderas y equipos de las mismas características y condiciones similares de operación, de hay que llegamos a frecuencias de mantenimiento: diarias, semanales, mensuales, semestrales y anuales, seguidas de procedimientos básicos para la intervención y/o mantenimiento de los elementos principales de la sección.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El mantenimiento preventivo consiste en una serie de acciones que se ejecutan en un programa basado en el tiempo transcurrido o basado en el tiempo de servicio del equipo. Estas acciones se realizan para descubrir, evitar, o mitigar la degradación de un sistema (o sus componentes). La meta de un mantenimiento preventivo es minimizar la degradación del sistema y de sus componentes y así mantener la vida útil del equipo.

Por sí sólo el mantenimiento preventivo no es la estrategia de mantenimiento óptima, pero tiene varias ventajas sobre un programa de mantenimiento completamente reactivo como son: Reducir las fallas de los equipos durante el proceso productivo y aumenta el ciclo de vida de los componentes y del equipo.

Realizando el mantenimiento preventivo en el equipo tal y como lo recomienda su fabricante, se garantiza el ciclo de vida del equipo en sus parámetros originales. Esto se traduce en economía.

Actividades de mantenimiento preventivo, como una rutina diaria de inspección de los equipos y el monitoreo constante de esto basado en los tiempos programados, generalmente permitirá al equipo operar más eficazmente y alcanzar las metas de producción.

El número de fallas disminuirá y por ende el tiempo fuera de servicio del equipo. Minimizar las fallas se traduce disminución del costo de mantenimiento y costo de capital.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL.

Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para la sección de calderas de la planta de COOLECHERA Cartagena.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Realizar un plan de mantenimiento preventivo, detectando y clasificando las fallas en los elementos, basándonos en un estudio de sus características de diseño y operación.
- Realizar una guía práctica de mantenimiento para los equipos que conforman esta sección de la planta.
- Documentar y actualizar los procesos de mantenimiento implementados en la sección de calderas.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

En las industrias nos encontramos frecuentemente con empresas que dicen tener una buena rentabilidad basada en la producción dejando fuera de contexto al mantenimiento, y optando por planes de mantenimiento obsoletos y en donde no se tiene en cuenta un análisis a fondo de los equipos, si no que se trabaja “apagando incendios”, es decir, interviniendo los equipos únicamente cuando presentan algún tipo de deterioro en sus funciones y ocasionando paradas de planta imprevistas que traen consigo unas considerables pérdidas en dinero y en algunos casos pueden llegar a perturbar de alguna forma la integridad de las personas o del ambiente.

El problema no radica en una mala implementación de estos procesos, sino más bien en la poca eficiencia de los mismos, por eso, partiendo de lo recomendado por cada autor de programas de mantenimiento y fabricante de componentes y equipos, se busca mejorar cada proceso de mantenimiento para conseguir un alto estándar de calidad y eficiencia.

Este es el caso de la planta de COOLECHERA Cartagena en la cual pretendemos implementar este plan de mantenimiento preventivo y con el que se busca superar los problemas anteriormente formulados debido a que la empresa no cuenta con un plan de mantenimiento para la sección de calderas y estos equipos hacen parte fundamental de los procesos de la empresa.

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿Es viable realizar un programa de mantenimiento preventivo a la sección de calderas que les permita a estos trabajar de manera mas optima y eficiente, previniendo posibles fallas antes que afecten de manera considerable el proceso, y que todo esto contribuya al mejoramiento continuo en la planta de COOLECHERA Cartagena?

¿Será de fácil comprensión y adaptación de los operadores y mantenedores la implementación del nuevo sistema de mantenimiento preventivo en la sección de calderas de la planta COOLECHERA Cartagena?

3. GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO

3.1. RESEÑA HISTÓRICA DEL MANTENIMIENTO

La historia de mantenimiento acompaña el desarrollo Técnico-Industrial de la humanidad. Al final del siglo XIX, con la mecanización de las industrias, surgió la necesidad de las primeras reparaciones. Hasta 1914, el mantenimiento tenía importancia secundaria y era ejecutado por el mismo personal de operación o producción.

“Con el advenimiento de la primera guerra mundial y de la implantación de la producción en serie, fue instituida por la compañía Ford-Motor Company, fabricante de vehículos, las fabricas pasaron ha establecer programas mínimos de producción y, en consecuencia, sentir la necesidad de crear equipos de que pudieran efectuar el mantenimiento de las maquinas de la línea de producción en el menor tiempo posible¹”.

Así surgió un órgano subordinado a la operación, cuyo objetivo básico era la ejecución del mantenimiento, hoy conocida como mantenimiento correctivo. Esa situación se mantuvo hasta la década del año 30, cuando en función de la segunda guerra mundial, y de la necesidad de aumentar la rapidez de la producción, la alta administración industrial se preocupó, no solo en corregir fallas, sino evitar que estos ocurriesen, y el personal técnico de mantenimiento, pasó a desarrollar el proceso del mantenimiento preventivo, de las averías que, junto con la corrosión, completaban el cuadro general de mantenimiento como de la operación o producción.

“Por el año de 1950, con el desarrollo de la industria para atender a los esfuerzos de la post-guerra, la evolución de la aviación comercial y de la industria electrónica, los gerentes de mantenimiento observan que, en muchos casos, el tiempo de paro de la producción, para diagnosticar las fallas, eran mayor, que la ejecución de la reparación; da lugar a seleccionar un equipo de especialistas para componer un órgano de asesoramiento a la producción que se llamó -Ingeniería de Mantenimiento- y recibió los cargos de planear y controlar el mantenimiento preventivo y analizar causas y efectos de las averías.

A partir de 1966 con el fortalecimiento de las asociaciones nacionales de mantenimiento, creadas al final del periodo anterior, y la sofisticación de los instrumentos de protección y medición, la ingeniería de mantenimiento, pasa

¹ González Fernández, Francisco Javier. Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado

a desarrollar criterios de predicción o previsión de fallas, visando la optimización de la actuación de los equipos de ejecución de mantenimiento²”.

Esos criterios, conocidos como mantenimiento PREDICTIVO O PREVISIVO, fueron asociados a métodos de planeamiento y control de mantenimiento. Como así también hay otros tipos de mantenimiento, de precisión, mantenimiento clase mundial, (pro activo) y hoy mejora continua.

Tabla 1: Evolución del Mantenimiento

GENERACIÓN DEL MANTENIMIENTO	EVOLUCIÓN
Antes de 1914	El mantenimiento tenía importancia secundaria
Iniciación de 1914 hasta 1930	Surgió la necesidad de las primeras reparaciones
Primera generación. Entre 1930-1950	Gestión de mantenimiento hacia la máquina
Segunda generación. Entre 1950 - 1960	Gestión de mantenimiento hacia la producción
Tercera generación. Entre 1960 – 1980	Gestión de mantenimiento hacia la productividad
Cuarta generación. Entre 1980 – 1999	Gestión de mantenimiento hacia la competitividad
Quinta generación. Entre 2000 – 2002	Gestión de mantenimiento hacia la organización e innovación tecnológica industrial (terotecnología)
Sexta generación. Entre 2003 – 20XX	Gestión del mantenimiento en busca de la mejora continúa.

3.2. CONCEPTOS GENERALES DEL MANTENIMIENTO

Existen tres términos relacionados con el mantenimiento de manera estrecha, que son de gran importancia para el manejo del término global “MANTENIMIENTO”, dichos conceptos son los de: **disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad.**

² González Fernández, Francisco Javier. Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado

El mantenimiento en general está definido como un servicio que agrupa una serie de actividades cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos, máquinas, construcciones civiles, instalaciones o en otras palabras en cualquier activo³.

Es evidente entonces que el concepto de mantenimiento está totalmente relacionado con la confiabilidad, esa es la esencia de esta actividad, la confiabilidad en que la planta funcionará continuamente sin paradas indeseadas con las consecuentes pérdidas económicas. Un equipo que opera en forma segura, funcional y mantiene una buena apariencia da beneficios económicos y permite mantener una productividad real a la empresa.

Los principales objetivos del mantenimiento son entonces evitar, reducir y en su caso reparar las fallas sobre los bienes precipitados, además disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar, así como también evitar paradas de planta o maquinaria indeseadas, evitar accidentes e incidentes aumentando la seguridad de las personas, conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación, balancear el costo de mantenimiento con el correspondiente al lucro cesante y alcanzar o prolongar la vida útil de los activos⁴.

El mantenimiento adecuado, tiende a prolongar la vida útil de los bienes, a obtener un rendimiento aceptable de los mismos durante más tiempo y a reducir el número de fallas.

Decimos que algo falla cuando deja de brindarnos el servicio que debía darnos o cuando aparecen efectos indeseables, según las especificaciones de diseño con las que fue construido o instalado el bien en cuestión.

Las fallas podemos clasificarlas de la siguiente forma:

- **Fallas Tempranas:** *Ocurren al principio de la vida útil y constituyen un porcentaje pequeño del total de fallas. Pueden ser causadas problemas de materiales, de diseño o de montaje.*
- **Fallas Adultas:** *Son las fallas que presentan mayor frecuencia durante la vida útil. Son derivadas de las condiciones de operación y se presentan más lentamente que las anteriores (suciedad en un filtro de aire, cambios de rodamientos de una máquina, etc.).*
- **Fallas Tardías:** *Representan una pequeña fracción de las fallas totales, aparecen en forma lenta y ocurren en la etapa final de la vida del bien*

³ Rey Sacristán, Francisco. Manual del mantenimiento integral en la empresa

⁴ Bernardo Hernando Lucas. seguridad en el mantenimiento de vehículos

(envejecimiento del aislamiento de un pequeño motor eléctrico, pérdida de flujo luminoso de una lámpara, etc.)⁵.

3.3. TIPOS DE MANTENIMIENTO

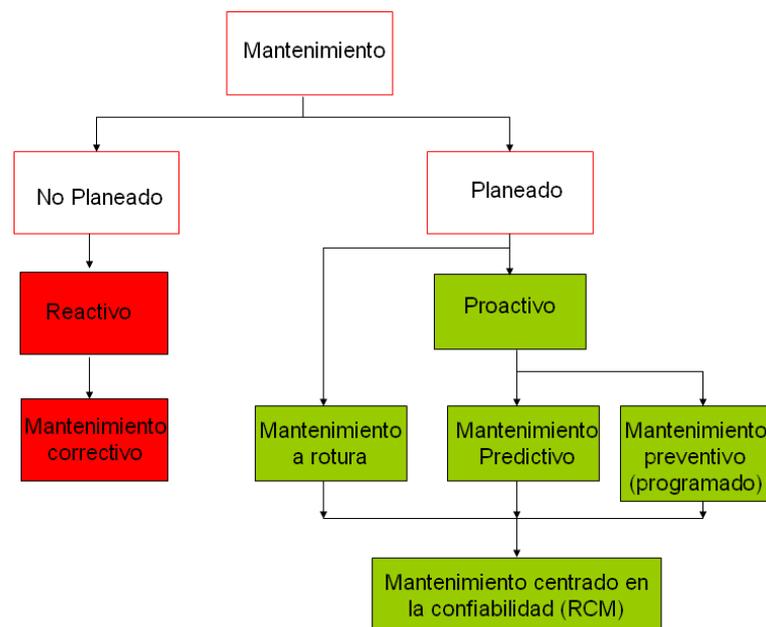


Figura 2: Diagrama Formas de Mantenimiento.

3.3.1. **Mantenimiento Correctivo.**

Se define como aquel que se realiza cuando las fallas han ocurrido. No se puede prever cuando ocurrirá⁶.

En este tipo de mantenimiento las maquinas operan en forma continua, sin interrupción. Pero cuando las fallas ocurren, pueden ser muy severas y pueden causar daños a otros componentes, es decir se llega a los que se conoce como una falla catastrófica.

Este tipo de mantenimiento por lo general requiere de mayor cantidad de mano de obra y lo más probable, es un pago excesivo por compra de repuestos, así como la perdida de producción de la maquina.

⁵ Rey Sacristán, Francisco. Manual del mantenimiento integral en la empresa

⁶ Francisco Javier González Fernández. Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado

Por ejemplo: al cambiar un rodaje roto en una maquina, hay que tener conciencia de que otros componente han podido ser dañados (ejes, sellos, engranajes, etc.).

Este mantenimiento se puede clasificar en dos, uno planificado y otro no planificado.

- **No Planificado:** Es el mantenimiento de emergencia (reparación de roturas). Debe efectuarse con urgencia ya sea por una avería imprevista a reparar lo más pronto posible o por una condición imperativa que hay que satisfacer (problemas de seguridad, de contaminación, de aplicación de normas legales, etc.).
- **Planificado:** Se sabe con antelación qué es lo que debe hacerse, de modo que cuando se pare el equipo para efectuar la reparación, se disponga del personal, repuesto y documentos técnicos necesarios para realizarla correctamente.

En la tabla número dos se describen las ventajas y desventajas del mantenimiento correctivo:

Tabla 2: Ventajas y Desventajas del Mantenimiento Correctivo.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
1. Se obtiene hasta el último rendimiento de las partes	1. No da confiabilidad
2. No requiere planeamiento	2. No permite planear las paradas de la planta
3. No requiere un stock cuidadoso de repuestos	3. No se pueden calcular los costos en los que se incurrirá cuando una falla se presente
4. Es menos costoso (relativamente)	4. Puede causar daños de partes correlacionadas con la averiada
	5. No permite planear adecuadamente el recurso humano
	6. Pueden presentarse fallas que afecten al personal

3.3.2. Mantenimiento Preventivo.

Se realiza con el fin de evitar fallas basándose en parámetros de diseño como producto del estudio juicioso de los fabricantes de partes y del conjunto en general del equipo. Se sustenta en estudios estadísticos y en los criterios de diseño (vida útil)⁷.

Este tipo de mantenimiento reduce hasta en un 30% los costos de mantenimiento. Esta filosofía de mantenimiento está basada en el conocimiento de que las maquinas se desgastan con el tiempo, y con dicho conocimiento requerido en los equipos.

Además, este tipo de mantenimiento tiene el problema fundamental que esta basado en el tiempo, con el cual, una maquina puede fallar antes del servicio y tendríamos una falla catastrófica, o se puede cambiar un rodamiento cuando ya se cumplió el tiempo, estando la pieza aún en muy buenas condiciones.

Por ejemplo: lubricar un rodamiento cada determinado tiempo, pudiendo aún no necesitar grasa, o hace varios días, la grasa que tenía ha dejado de ser efectiva.

La insuficiencia o el exceso de Mantenimiento Preventivo aplicado a los equipos tendrán consecuencias negativas que afectaran tanto a la disponibilidad de los mismos como a la confiabilidad en la operación, por lo anterior, es de vital importancia determinar la frecuencia óptima de mantenimiento a los equipos y evitar caer en un sub-mantenimiento o en un sobre-mantenimiento, que en ambos casos reflejan altos costos y baja disponibilidad.

En el caso de caer en sub-mantenimiento se obtiene un bajo costo de mantenimiento preventivo pero un alto costo de mantenimiento correctivo, lo que produce perdidas productivas por baja disponibilidad a causa de fallas en el equipo y así mismo incurre en un alto costo por consumo e inventario de refacciones.

En el otro caso un sobre mantenimiento produce un alto costo de mantenimiento preventivo y un bajo costo de mantenimiento correctivo de esta manera se obtienen pérdidas productivas por baja disponibilidad debido al exceso de paros programados de mantenimiento al equipo.

⁷ Francisco Javier González Fernández. Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado

Un buen programa de mantenimiento preventivo debe incluir:

Inspecciones periódicas de los activos de la planta y de sus equipos con el objetivo de descubrir condiciones que puedan causar fallas en los equipos o una depreciación perjudicial.

Efectuar el mantenimiento necesario para arreglar o corregir tales condiciones mientras están en la etapa no peligrosa y antes de que alcancen mayores proporciones.

En la tabla 3 se describen las ventajas y desventajas del mantenimiento correctivo:

Tabla 3: Ventajas y Desventajas del Mantenimiento Preventivo.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
1. Minimiza costos de mantenimiento	1.No elimine las fallas catastróficas
2. Permite flexibilidad en el ajuste de la periodicidad de mantenimiento	2. Se requiere de una mano de obra más calificada
3. Aumenta el ciclo de vida de los componentes y del equipo	3. Incluye desarrollo de actividades de mantenimiento innecesarias que tienen el potencial de daño a los componentes
4. Genera ahorros de energía	
5. Reduce las fallas del equipo y/o fallas en el proceso	

3.3.3. Mantenimiento Predictivo.

Busca prevenir fallas mediante observaciones que indican tendencias. Existen varios métodos los cuales son especializados y requieren una preparación apropiada. Entre ellos están la medición de vibraciones mecánicas, el análisis eléctrico, termografía infrarroja, tribología y análisis de aceites, entre otros⁸.

⁸ Francisco Javier González Fernández. Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado

Esta filosofía se basa en el hecho de que cuando un equipo ha empezado a gastarse, sus condiciones de operación, tales como vibración, temperatura, condición del aceite, presión, etc. empezarán a cambiar, razón por el cual este tipo de mantenimiento propone un monitoreo frecuente de la condición del tiempo (monitoreo de condición), precisamente para detectar el cambio, analizar la causa del cambio y dar la solución correcta "*justo antes*" de que se produzca la falla catastrófica.

Por ejemplo: monitorear la condición del rodamiento para detectar si existe un cambio y dar la solución adecuada y precisa.

En la tabla 4 se describen las ventajas y desventajas del mantenimiento predictivo:

Tabla 4: Ventajas y Desventajas del Mantenimiento Predictivo.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
1. Aumenta la vida operacional y disponibilidad del equipo	1. Costo de la inversión por compra o alquiler de equipos de diagnóstico
2. Permite anticipar las fallas	2. Costo del mantenimiento de los equipos de diagnóstico y de reposición
3. Disminuye el tiempo fuera de servicio	3. Costo de la inversión por entrenamiento del personal
4. Baja los costos de repuesto, materiales y mano de obra	
5. Mejora la seguridad del trabajador y del medioambiente	

4. CALDERAS

Las calderas, son equipos o instalaciones de tipo industrial para la generación de vapor, para este efecto se le aplica calor originado a través de la combustión de un combustible ya sea sólido, líquido o gaseoso el cual origina la evaporación de agua que una vez vaporizada tiene diversas aplicaciones industriales.

En sus comienzos (principios del siglo XIX) las calderas tuvieron usos de tipo domestico como los de limpieza y el teñido de ropa. Hasta la creación de la “marmita” por parte de Denis papín (1647 - 1712) quien uso vapor para intentar mover una maquina, la cual era desventajosa ya que utilizaba vapor saturado de baja temperatura.

Pero fue hasta el año de 1776 cuando James Watt (1736 - 1819) completo la maquina de vapor de funcionamiento continuo, la cual uso en su propia fabrica. Durante el transcurso de los años ha sido muy variado el uso de las maquinas generadoras de vapor⁹.

4.1. COMPONENTES DE UNA CALDERA.

Físicamente las calderas de vapor, están conformadas básicamente de las siguientes partes principales:

4.1.1. Cámara de Agua.

Este es el nombre que se le da al espacio que ocupa el agua en el interior de la caldera, *el nivel de agua de la caldera es dado desde su fabricación, de modo tal que sobrepase en unos 15 cm. Por lo menos a los conductos de humo superiores¹⁰.* Es por esta razón, que a cada caldera le corresponde una cierta capacidad de agua, lo cual forma la cámara de agua. Es por esto que dependiendo de la capacidad de la cámara de agua y la superficie de calefacción existen calderas de gran, mediano, y mediano volumen de agua.

Las calderas de gran volumen de agua son las que cuenta con un diseño mas sencillo, ya que están compuestas de uno o dos cilindros unidos entre si y cuentan con una capacidad superior a 150 Lt de agua por m² de superficie de calefacción. Las calderas de volumen mediano constan de varios tubos de humo y algunos tubos de agua, y de esta forma se pretende un aumento en

⁹ Marcelo Mesny. Calderas de vapor

¹⁰ Angel Vargas Zujiga. Mantenimiento de calderas industriales y marinas

la superficie de transferencia de calor, sin aumentar el volumen total de agua. Y por último las calderas de pequeño volumen de agua constan de una gran cantidad de tubos de agua de de diámetro pequeño, con los cuales se aumenta considerablemente la superficie de transferencia de calor¹¹.

4.1.2. Cámara de Vapor.

Este hace referencia al espacio ocupado por el vapor al interior de la caldera, el cual debe ser separado del agua en suspensión. Cuanto más considerable sea el consumo de vapor, en igual proporción será mayor el volumen de esta cámara, de tal manera que sea también mayor la distancia entre el nivel de agua y la toma de vapor.

Además de esto una caldera cuenta con una serie de elementos dimensionales que permiten su operación y control. Entre los cuales se pueden apreciar:

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

4.1.3. Cámara de Combustión.

Es la parte de la caldera donde se quema el combustible; a lo largo de ella se extiende la llama, alcanzándose las mayores temperaturas. Deben tener la forma adecuada al tipo de combustible y quemador para los que se diseñen.

4.1.4. Circuito de Humos.

Una vez extinguida la llama, los gases producto de la combustión continúan su camino hacia la chimenea a través del circuito de humos.

Estos circuitos suelen incluir elementos (retardadores) o geometrías especiales, con el fin de prolongar el paso de los humos en la caldera y mejorar el coeficiente de transmisión de calor Humos-Fluido, obteniéndose temperaturas de humos más bajas y rendimientos más altos.

¹¹ Angel Vargas Zuñiga. Mantenimiento de calderas industriales y marinas

A la suma de la superficie de la cámara de combustión y la del circuito de humos se le denomina superficie de intercambio o superficie de calefacción de la caldera.

4.1.5. *Caja de Humos.*

Es la parte de la caldera donde confluyen los gases de combustión; desde este punto, mediante un tramo de conexión, son conducidos hasta la chimenea.

4.1.6. *Puerta o Frente de Caldera.*

Es el punto donde se coloca el quemador, debe estar construida con materiales capaces de soportar las altas temperaturas que se producen en su proximidad. Son abatibles, para permitir la limpieza interior, necesaria para el mantenimiento de la caldera.

4.1.7. *Envolvente Aislante.*

El conjunto de caldera debe estar recubierto por una envolvente con material aislante térmico, con el fin de disminuir las pérdidas de calor de la misma. Es muy importante mantener en buen estado esta envolvente, ya que su deterioro provoca grandes pérdidas de calor, debidas a las altas temperaturas que alcanzan los componentes de las calderas.

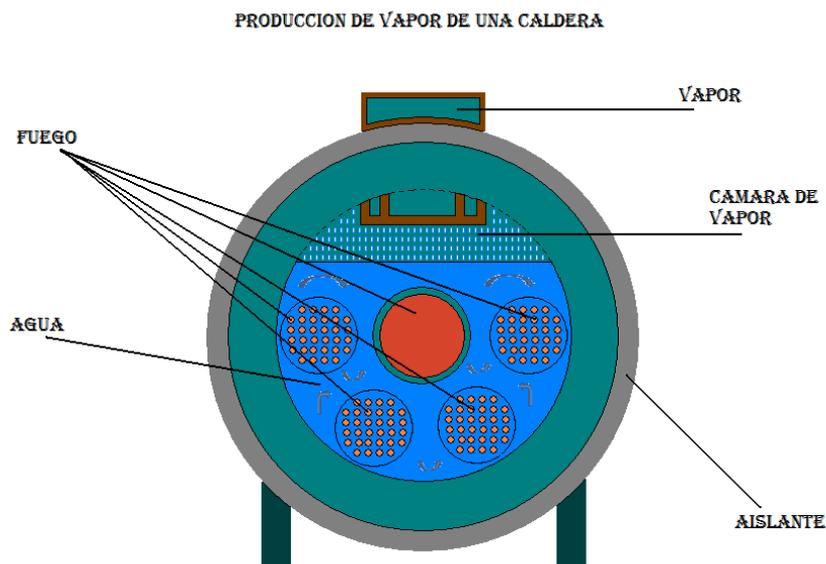


Figura 3: Distribución de Componentes en una Caldera Piro Tubular.

4.2. CLASIFICACIÓN DE LAS CALDERAS.

Debido a sus distintos usos y trabajos hay muchos tipos de calderas y debido a esta diversidad de aplicaciones se tiene un gran número de tipos de caldera y su clasificación depende de las características con que cuente para su correcto desempeño en la actividad que se requiera. Dado todos estos aspectos las calderas se pueden clasificar según:

4.2.1. *Material de Fabricación.*

- **Caldera de Fundición:** En este tipo de calderas la transmisión de calor tiene lugar en el hogar que es un área de transmisión de calor pequeña y de bajo rendimiento; tienen poca pérdida de carga en los humos y por esta razón usualmente son de tiro natural.
- **Caldera de Acero:** Este tipo de calderas utilizan combustibles líquidos o gaseosos, por lo que tienen una mayor superficie de transferencia y por lo tanto se tiene un mejor rendimiento.
- **Caldera de Murales:** Este tipo de calderas son de tipo compacto y reducido; son empleadas para instalaciones familiares (calefacción). Actualmente se esta incrementando su potencia de diseño y permiten la asociación de varias.

4.2.2. *Disposición de los Fluidos.*

- **Acuotubulares:** En este tipo de calderas los tubos de agua se unen y correlacionan para formar el recinto del hogar o cámara de combustión¹². El recinto posee aberturas para los quemadores y la salida de gases de combustión. La circulación del agua puede ser natural, debida a la diferencia de densidad entre agua fría y caliente. El agua en ebullición se acumula en un recipiente llamado domo donde se separa el vapor del agua, pero presenta en inconveniente presentar suciedad en el lado del agua y menor inercia.

¹² Marcelo Mesny. Calderas de vapor

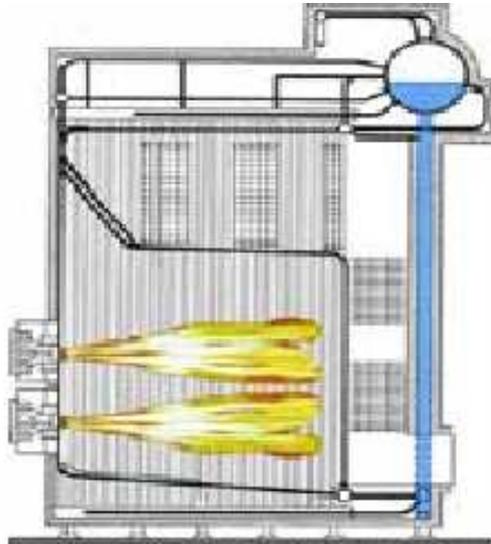


Figura 4: Calderas Acuotubulares.

- **Piro Tubular:** A este tipo de calderas también se le conoce como de tubos de humo; en estas calderas la llama se forma en el hogar, pasando los humos por el interior de los tubos de los pasos siguientes, para luego ser conducidos hasta la chimenea. El hogar y los tubos se encuentran completamente rodeados de agua. De este tipo de calderas son con las que se cuenta en la planta Coolechera-Cartagena.



Figura 5: Caldera Piro Tubulares.

4.2.3. Presión que Maneja.

- Baja Presión: Rango de operación entre 15 – 60 Psi
- Media Presión: Rango de operación entre 60 – 150 Psi
- Alta Presión: Rango de operación ≥ 150 Psi¹³

4.2.4. Configuración.

- **VERTICAL**



Figura 6: Caldera Vertical.



Figura 7: Vista Interior C.V.

- **HORIZONTAL**

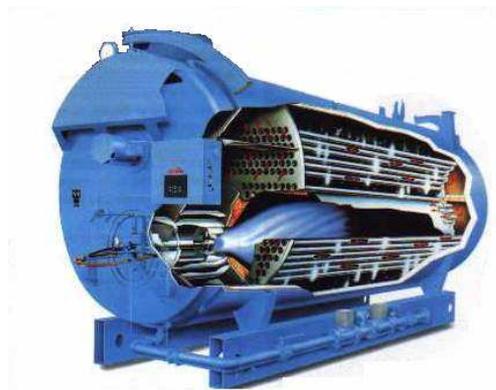


Figura 8: Caldera Horizontal

¹³ Marcelo Mesny. Calderas de vapor

4.2.5. Fluido Transportado.

- **Calderas de Agua:** Es toda caldera en la que el medio de transporte es agua a temperatura inferior a 110°.
- **Calderas de Agua Sobrecalentada:** Es toda caldera en la que el medio de transporte es agua a temperatura superior a 110°, por tal motivo, las fugas son muy peligrosas.
- **Calderas de Vapor:** Es toda caldera en la que el medio de transporte es vapor de agua. las fugas son muy peligrosas, los condensados necesitan ser purgados, necesitan control de la cantidad de agua.
- **Calderas de Aceite Térmico:** En este tipo de calderas el fluido de transporte es un aceite de alta temperatura.

4.2.6. Combustible Empleado.

- **Combustibles Sólidos:** Este tipo de calderas son bastante engorrosas de operar por la alimentación, las cenizas y suciedad que generan y el difícil control de la combustión; utilizan como combustibles carbón, bagazo, cascarillas de arroz, aserrín, basuras, otros.
- **Combustibles Líquidos:** En estas calderas el combustible deber ser pulverizado o vaporizado para que reaccione con el aire; se utiliza como combustibles crudo, Fuel oil, ACPM, kerosén.
- **Combustibles Gaseosos:** En este tipo de calderas de combustión es más fácil pero más peligrosa que los líquidos; en ellas se quema gas natural, gas propano, GLP, gas butano.
- **Combustibles Especiales (Licor negro, bagazo, etc.):** Este tipo de calderas generan combustión utilizando combustibles denominados no convencionales y de los cuales algunos aun se encuentran en proceso de desarrollo en la actualidad.
- **Mixtas:** En este tipo de calderas se queman alternadamente algunos de los combustibles citados anteriormente.
- **Nucleares:** Este tipo de calderas se conocen como reactores y su fuente combustible se deriva de la fisión originada por medio de elementos como el uranio o el plutonio.

4.2.7. El Tipo de Tiro

- Tiro Natural
- Tiro Forzado
- Tiro Balanceado (natural y forzado)

4.2.8. Su Aplicación

- **Usos domésticos:** Calefacción, mixtos.
- **Generación de energía:** Plantas termoeléctricas
- **Plantas de cogeneración**
- **Generación de vapor o agua sobrecalentada en plantas industriales**

5. ELEMENTOS DE FUNCIONAMIENTO DE UNA CALDERA

Como ya hemos mencionado anteriormente el objetivo principal de una caldera, es la generación de vapor. A través del intercambio de calor que se presenta entre la combustión (Fuego) generada en un quemador y el agua, es por esto que es necesaria la comunión de tres elementos para la consecución del objetivo final.

Estos elementos son:

5.1. AGUA.

Deben existir controles estrictos que garanticen su calidad.

A pesar de que en proceso para la obtención de vapor se utiliza agua cruda (ríos, lagos, pozos, etc.) esta no puede ser utilizada para el proceso dentro de la caldera sin antes haberle realizado un tratamiento que permita la obtención de agua óptima para el proceso la cual no debe afectar de ninguna forma las condiciones físicas del sistema.

El agua para la alimentación de una caldera requiere un tratamiento químico por medio de procesos de descarbonatación (a través de filtros de arena, filtros de carbón) o ablandamiento o desmineralización total (a través de cationes, aniones y/o lechos mixtos), adicionalmente, según la presión manejada por la caldera, es necesario controlar los sólidos suspendidos, sólidos disueltos, dureza, alcalinidad, sílice, material orgánico, gases disueltos (torres desgasificadoras); si no se realizan un adecuado tratamiento, la caldera se vería afectada por incrustaciones, sedimentación, desgaste por material articulado, superficies porosas, etc.

En la **tabla 5** podemos observar los parámetros para el agua de alimentación requeridos par la operación correcta de una caldera piro tubular:

Tabla 5: Parámetros Mínimos Requeridos para el Agua de Alimentación de una Caldera Piro Tubular.

Presión máxima de servicio en bar.	≤ 0,5	> 0,5
Aspecto visual	Transparente, sin color ni sedimentos	
Dureza en mg/l de CO ₃ Ca	≤ 10	≤ 5
Oxígeno disuelto (O ₂) en mg/l	--	≤ 0,2
PH a 20 °C	8 a 9	8 a 9
CO ₂ en forma de CO ₃ H-, en mg/l	≤ 25	≤ 25
Aceites y grasas en mg/l	≤ 3	≤ 1
Materias orgánicas valoradas en mg/l de Mn O ₄ K consumido (1)	≤ 10	≤ 10

Tabla 6: Parámetros Mínimos Requeridos Para el Agua en el Interior de una Caldera Piro Tubular.

Presión máxima de servicio en bar	≤ 0,5	0,5 < p ≤ 13	> 13	
Salinidad total en mg/l	Vaporización media ≤ 40Kg/m ²	≤ 6000	≤ 6000	≤ 4000
	> 40 Kg/m ²	≤ 5000	≤ 5000	≤ 3000
Sólidos en suspensión, en mg/l	≤ 300	≤ 300	≤ 250	
Alcalinidad total, en mg/l CO ₃	≤ 1000	≤ 800	≤ 600	
pH a 20 °C	10,5 a 12,5	10 a 12	10 a 12	
Fosfatos, en mg/l P ₂ O ₅	≤ 30	≤ 25	≤ 20	
Silice, en mg/l Si O ₂ (1)	≤ 250	≤ 200	≤ 150 (2)	

5.2. FUEGO.

Es de gran importancia que se de una buena combustión para la correcta operación de la caldera, por tal razón esta debe ser lo mas optima posible y además con el mínimo de impacto ambiental posible.

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

5.3. SUPERFICIES DE TRANSFERENCIA DE CALOR.

En una caldera es de vital importancia la tubería por la que circula los gases (calderas pirotubulares) o el agua (acuotubulares) para una eficiente transferencia de calor. De la calidad del agua, de una optima combustión y de también de las características físicas del material de la superficie intercambiadora de calor depende que el flujo de energía de los gases de combustión hacia el agua sea lo mas optima posible.

6. CONTROLES PARA MANEJO Y SEGURIDAD DE CALDERAS.

6.1. CONTROLES PARA AGUA EN CALDERAS PIRO TUBULARES.

- **Control de nivel por flotador:** A través de este sistema se controla un contactor en la bomba por medio de un interruptor para controlar el agua en la caldera¹⁴.
- **Control de nivel:** Este control se acciona cuando falla el control de nivel por flotador, y su función es controlar el bajo nivel de agua de la caldera apagando el quemador, este control contiene un tipo de electrodo que al dejar de medir una cantidad de agua determinada deshabilita automáticamente el quemador. Cabe anotar que hay que tener mucho cuidado si se detecta un nivel de agua bajo en la caldera, no es conveniente abastecerla con agua fría (al clima), porque se presentaría un implosión por choque térmico brusco¹⁵.

6.2. CONTROLES PARA COMBUSTIBLE.

Este sistema consta de elementos funcionales indispensables para que su operación sea óptima en el transporte del combustible a la zona de combustión a condiciones adecuadas de presión y de temperatura. Estos elementos son de muchísimo cuidado ya que manejan fluidos líquidos y gaseosos inflamables, que pueden originar un accidente considerable.

Para el manejo del combustible este sistema consta de:

- **Filtros:** Protección contra cuerpos extraños.
- **Bomba:** Equipo para transporte de fluidos.
- **Pre calentador:** Eléctrico y a gas: elevar la temperatura del combustible.
- **Válvula desaireadora:** Sacar el aire en el pre calentador eléctrico¹⁶.

¹⁴ Calderas Fabricadas Por Comesa S.A. Manual De Operación Y Mantenimiento

¹⁵ Ibíd.

¹⁶ Ibíd.

- **Válvula termostática:** Esta válvula se localiza a la entrada del calentador de vapor, si en algún caso se baja la temperatura del combustible esta se abre.
- **Trampa de vapor:** Su objetivo es desalojar el condensado a la salida del precalentador.
- **Manómetro y termómetro:** Están ubicados después del filtro y muestran la presión de atomización y la temperatura.
- **Válvula modulante:** Regula la presión y la cantidad de combustible al quemador.
- **Válvula solenoide:** Abren y cierran el flujo de combustible.

6.3. CONTROLES PARA LA ATOMIZACIÓN AIRE-VAPOR.

En las calderas existe un dispositivo que controla la efectividad de la atomización, cerrando o abriendo las válvulas solenoides del sistema de combustión.

6.4. CONTROLES PARA MANEJO Y SEGURIDAD AIRE COMBUSTIÓN.

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

6.5. CONTROLES PARA MANEJO Y SEGURIDAD DE CALDERAS MODULADAS.

¿Que es un sistema modulado?

Sistema que permite aumentar o disminuir la generación de vapor, variando la cantidad de combustible en el quemador.

Un sistema modulado varía la energía producida por la combustión según la demanda de vapor que los elementos consumidores requieran. Esta modulación debe conservar las proporciones de aire y combustible para lograr una combustión eficiente con bajos niveles de contaminación por residuos.

La secuencia de modulación consiste en:

- Censar presión de vapor.
- Percibida por sensor.
- Enviar señal eléctrica a Motor modulador.
- El modulador acciona el regulador de aire y la válvula reguladora de combustible mecánicamente.

6.6. CONTROLES PARA MANEJO Y SEGURIDAD DEL REGULADOR (DÁMPER) DE TIRO FORZADO.

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

6.7. CONTROLES PARA MANEJO Y SEGURIDAD DE LLAMA.

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

6.8. CONTROLES PARA MANEJO Y SEGURIDAD DE TANQUES DE CONDESADOS.

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

6.9. CONTROLES PARA MANEJO Y SEGURIDAD EN EL TANQUE DIARIO DE COMBUSTIBLE.

Se usan como recipiente de calentamiento de fuel oil No.6 para ser manejado fácilmente por la bomba y apresurar la elevación de la temperatura en el precalentador.

Deben estar provistos de:

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

NOTA: Para la caldera de la empresa no aplica este tipo de control por ser nuestro combustible principal de operación el gas natural.

6.10. CONTROL PARA SEGURIDAD DE GASES EN LA CHIMENEA.

Es ubicado en algunas calderas un termómetro a la salida de los gases, el cual es activado directamente con el quemador para desactivarlo cuando la temperatura supera el set point indicado. Esta elevada temperatura puede originarse por falta de agua, hollinamiento e incrustaciones al lado del agua, etc.

6.11. CONTROL PARA MANEJO Y SEGURIDAD DE VAPOR DE LA CALDERA.

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

6.12. CONTROL PARA MANEJO Y SEGURIDAD IGNICIÓN A GAS O ACPM.

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

6.13. VÁLVULAS DE SEGURIDAD.

Se accionan a determinada presión de trabajo, desalojando cierta cantidad de vapor. Debe ser manipulada solo por personal autorizado, y contener los sellos de seguridad luego de manipulada.

6.14. PURGAS.

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

Existen purgas de:

- **Columna de agua:** Se hace por lo menos cada turno. Si la cámara de Macdonnell se queda con lodos, el flotador se queda pegado dando una falsa señal de que la caldera tiene agua. Purga de fondo. Para desalojar los lodos de la caldera en la parte inferior. Si hay sedimentación se generan puntos calientes que agrietan y queman las láminas de la caldera.
- **Purga continua:** Desaloja los lodos que circulan en el agua, las espumas y las grasas. Es continua al mantener la válvula con una proporción de apertura.

7. ROTECCIÓN DE LAS CALDERAS

Cuando las calderas deban permanecer inactivas durante periodos largos, deben tomarse ciertas precauciones importantes.

- Debe apagarse la caldera, dejarla enfriar, vaciarla totalmente y luego procederse a una limpieza de la caldera, tubería y accesorios.
- Llenar la caldera de agua hasta el tope, al agua debe habersele añadido soda cáustica en proporción de 3 kg. Por cada metro cúbico de agua. Hiérvase permitiendo que los gases salgan a la atmosfera y déjese enfriar lentamente, reponiendo el agua hasta el tope.
- Revise cuidadosamente las conexiones para detectar la presencia de escape, a intervalos regulares, debe sacarse una muestra del agua de la caldera y comprobar su calidad.
- Cuando la caldera deba mantenerse inactiva por periodos muy largos, se debe tratar de mantener el agua lo más fría posible, pues la rata de corrosión se incrementa al incrementarse la temperatura.
- Cuando el tiempo de inactividad es superior a un mes se utiliza el siguiente método de protección:

La caldera debe vaciarse totalmente, limpiarse y secarse exterior e interiormente, dentro debe colocarse una bandeja con cal u otra substancia que absorba la humedad. La proporción es aproximadamente de 1 kg. Por cada 10 BHP. Hecho esto se cierra la caldera.

Si el periodo de inactividad supera los 3 ó 4 meses necesarios renovar los depósitos de cal.

8. GUÍA PARA IDENTIFICACIÓN DE FALLAS

TABLA 7: Falla en el Arranque

Síntomas	POSIBLES CAUSAS	ACCIONES
El ventilador y el quemador no arrancan	Bajo nivel de agua	Verificar nivel de agua en la caldera, verificar apertura de válvulas de sistema de agua de alimentación.
	Problemas con el suministro de energía eléctrica	Verificar la posición de los interruptores principales, interruptores y fusibles, repararlos y sustituirlos según el caso
	Interruptor de control manual defectuoso o en posición "OFF"	Asegúrese de que el interruptor de control manual este en la posición "ON" verificar su estado y repararlo o reemplazarlo, según el caso
	Control de operación o controles de condiciones límites defectuosos o desajustados (control de presión "Agastat", "Thermostat")	Verificar que existan buenos contactos, ajustarlos si es necesario, repararlos o reemplazarlos según el caso
	Fusibles defectuosos en el gabinete de la caldera	Reemplazar los fusibles
	Voltaje demasiado bajo ó demasiado alto	Asegúrese de que el voltaje sea correcto en los terminales, en los gabinetes de control de la caldera, verificar el voltaje en la línea principal
	Los térmicos de los motores del ventilador o del compresor se saltan	Verificar el voltaje, los fusibles y determinas las razones por las cuales existe sobrecarga tales como tensión de correas, fallas mecánicas, etc. Reparar o reemplazar los elementos defectuosos
	Contactos eléctricos defectuosos	Verificar y ajustar todos los contactos eléctricos
	Los mecanismos de modulación de fuego alto y bajo (si existen) no se encuentran en la posición adecuada de fuego bajo	Asegúrese que los mecanismos y el motor que los acciona no ha sufrido daño
Chequear la posición del interruptor de arranque con fuego bajo		
Control principal de combustión "OFF" o defectuoso	Cerrar el circuito de control, chequear los contactos reles y tubos, reparar o reemplazar las partes defectuosas	

Tabla 8: Falla en el Encendido

Síntomas	POSIBLES CAUSAS	ACCIONES
el ventilador y el quemador arrancan pero no se inicia la llama principal	Chispa de ignición defectuosa.	Ajustar la distancia del electrodo a la masa para que salte la chispa
		Remover y limpiar el aislamiento de porcelana
		Revisar transformador. verificando cables y alambres buscando interrupciones de circuito
	No hay flujo de gas, o su presión es baja	verificar la presión de suministro de gas
		asegúrese que todas las válvulas de gas estén abiertas
		Verificar el interruptor de bloqueo de gas
	Válvula solenoide de gas defectuoso	Rectificar el funcionamiento de la válvula
		Verificar las conexiones eléctricas buscando interrupciones en el circuito
		Limpiar la válvula
	Control de combustión defectuoso	Comprobar los contactos de control "reles", tubos y efectividad de las conexiones
	Suministro inadecuado de aire encendido	Verificar la regulación de aire de encendido
		Limpiar los conductos de aire, tubos, etc.
	Falla en el sistema de detección de llama	Limpiar el sistema de detección de llama de ignición
		Verificar su posición
Chequear su funcionamiento		
Fallas en el suministro principal de combustible	Revisar el suministro de energía a la válvula solenoide principal en la línea de combustible	
	Asegúrese de que todas las válvulas en la línea de combustible están abiertas	

		Verificar los contactos o "reles" en el control principal de combustión esté en correcta operación y limpieza
		Chequear el sistema de suministro de combustible incluyendo bombas, filtros, reguladores de presión en toda la línea hasta el depósito principal
	Temperatura o presión inadecuada en el combustible o controles de regulación desajustados o defectuosos	Verificar todos los controles de presión y temperatura en la línea de combustible, ajustarlos o reemplazarlos
	Dosificación incorrecta de aire primario y secundario	Comprobar el suministro de aire primario y secundario
		Verificar la posición del mecanismo del sistema de modulación o del sistema de fuego alto y bajo

Tabla 9: Fallas en la Llama Principal Durante el Arranque

Síntomas	POSIBLES CAUSAS	ACCIONES
Se enciende la llama principal pero falla luego de un periodo que puede ir desde unos pocos segundos hasta algo más de un minuto	Ajuste defectuoso de aire o combustible	Comprobar el suministro de aire primario y secundario
		Verificar el suministro de combustible
		Revisar el sistema de modulación de combustión o de fuego alto y bajo
		Verificar el sistema de control de flujo de combustible buscando irregularidades en presión o temperatura
		Verificar el estado de limpieza de válvulas, filtros y reguladores de presión
	Control de combustión defectuoso	Inspeccionar el control de combustión
		Verificar que los contactos estén ajustados
		Revisar las funciones del "relé" y de la limpieza del conjunto
		Verificar el sistema de detección de la llama en cuanto a posición y limpieza

Tabla 10: Falla Durante la Operación

Síntomas	POSIBLES CAUSAS	ACCIONES
la caldera se apaga existiendo condiciones normales de operación	Combustión pobre o inadecuada	Comprobar la dosificación de aire y combustible y los mecanismos del sistema.
		Verificar presión y temperatura del combustible en busca de irregularidades.
		Observar si el suministro de combustible es constante y correcto.
	Condiciones de bajo nivel de agua.	Asegúrese de que el nivel de agua llegue al punto normal en el vidrio.
		Verificar completamente el sistema de alimentación de agua y los controles de nivel.
		Si el nivel de agua fluctúa en forma indebida, verificar el tratamiento de agua.
	Falla en el suministro de energía eléctrica.	Chequear los "Switches" de la línea, los fusibles o interruptores.
		Observar si existen fluctuaciones de voltaje.
		Determinar si existen interrupciones en los cables eléctricos ocasionados por vibraciones o calentamiento.
		Verificar todas las terminales y conexiones eléctricas
El arranque de los motores ocasiona sobre cargas que saltan los "switches" a la posición "Off".	Verificar si existen variaciones en el voltaje.	
	Observar si hay sobre carga en el motor causada por correas, desperfectos de balineras, aceite frío y defectos mecánicos	
	Reparar o reemplazar las partes defectuosas.	
Control de combustible defectuoso.	Observar si hay vibración o calentamiento que afecte el control.	
	Observar si los contactos del control están sucios o no están convenientemente ajustados.	

		Chequear si el "relé" opera correctamente. Observar si el detector electrónico de llama presenta deterioro, y verificar su posición y limpieza.
--	--	--

Tabla 11: Falla en los Materiales

Síntomas	POSIBLES CAUSAS	ACCIONES
Corrosión	Proceso de acción erosiva ejercida sobre la superficie interna de la caldera por la acción mecánica de materiales sólidos, abrasivos, transportados por el agua o los gases en circulación. La corrosión también se presenta por oxidación.	
Sobrecalentamiento	Cuando los materiales de fabricación de la caldera son expuestos a altas temperaturas se presentan fallas de diferentes tipos dependiendo de las causas que la generan	
Soldadura y construcción	El conjunto de partes soldadas no debe ser poroso ni tener inclusiones no metálicas significativas	Debe formar contornos superficiales que fluyan suavemente con la sección que se está uniendo y no tener esfuerzos residuales significativos por el proceso de soldadura
I implosión y explosión	Las explosiones en calderas suelen ocurrir cuando la presión a la que esta operando la caldera supera la presión para la cual fue diseñada. Generalmente esto ocurre cuando algunos de los sistemas de alarma o control están descalibrados, dañados o no funcionan. Las implosiones en calderas ocurren generalmente cuando el flujo de agua de entrada para producir vapor no ingresa al equipo, ocasionando un sobrecalentamiento excesivo y el colapso del material	



Figura 9: Implosión en caldera

NOTA:

En el proceso de reiniciar la caldera, el factor que ocasionó la parada a menudo se manifiesta claramente y podrá ser analizado y corregido e investigado las causas de fallo de acuerdo a las indicaciones anteriores.

Jamás debe establecerse llama nuevamente sin permitir que se realice el ciclo normal de purga. El riesgo de explosión es máximo si se intenta eliminar o disminuir el tiempo fijado para el ciclo.

9. TRATAMIENTO DE AGUA DE LA CALDERA

Una de las causas más comunes de fallas en calderas es cuando se realiza, un tratamiento inadecuado del agua de alimentación. *No es práctico recomendar un tratamiento universal del agua de alimentación, ya que la composición del agua varía de una región a otra y aún dentro de las diversas fuentes en una región, haciendo de cada uno un caso especial que ha de estudiarse por separado*¹⁷. Todas las calderas, ya sean de alta o baja presión ó de agua caliente deben ser supervisadas por un analista químico especializado en tratamientos de agua para calderas, el cual debe hacer un programa del tratamiento, frecuencia y duración de purgas, así como los lavados interiores.

9.1. GENERALIDADES

9.1.1. Dureza del agua: La dureza del agua es un término relativo. *Lo que en una localidad representa una condición no usual de dureza en otro puede, por comparación, ser considerada como dureza muy baja*¹⁸. La tabla siguiente muestra una clasificación más o menos arbitraria del agua con relación a su dureza, como proporción a la concentración de los constituyentes que la producen.

Tabla 12: Clasificación de Dureza

DUREZA	CLASIFICACION
(ppm CaCo ₃) Menos de 15	muy suave
15 – 50	Suave
51 – 100	durezas media
101 – 200	Dura
Más de 200	alta dureza

¹⁷ Angel Vargas Zujiga. Mantenimiento de calderas industriales y marinas

¹⁸ Marcelo Mesny. Calderas de vapor

Cuando se analiza agua cruda o agua de alimentación de la caldera se pueden reportar constituyentes que cubren un amplio rango y deben entenderse claramente teniendo en cuenta sus incidencias en los equipos de la planta.

9.1.1.1. Constituyentes Incrustantes: *Son materiales insolubles que se depositan formando incrustaciones duras en la superficie de los equipos¹⁹. Ejemplo de éstos son la sílice, óxidos de hierro o de aluminio, iones de calcio y magnesio.*

9.1.1.2. Constituyente solubles: *Comprenden las materias solubles que disueltas en el agua no se precipitan bajo los cambios normales de temperatura y presión, pero que en muy altas concentraciones pueden hacerlo²⁰. Ejemplo son los sulfatos y el cloruro de sodio.*

9.1.1.3. Constituyentes corrosivos: *Estos materiales pueden causar ataques destructivos de la superficie metálica²¹. Se incluyen ácidos, sulfato de hierro, aluminio, cloruros y nitratos, y gases como el oxígeno disuelto ó dióxido de carbono.*

9.1.1.4. Constituyentes espumantes: *Se considera que estas sustancias promueven la formación de burbujas durante la generación del vapor que al ocupar el espacio de éste, ocasiona que exista inapropiada separación del vapor en la superficie del agua, presentándose un “arrastre” de estas burbujas que ocasionan la presencia de gran cantidad de sales en vapor que sale de la caldera.*

9.1.2. Sólidos en el agua de calderas: *El control de la calidad del agua de alimentación no es suficiente para la protección de la caldera teniendo en cuenta que al generarse el vapor se deja los sólidos contenidos en el agua se concentran en la caldera.*

9.1.2.1. Sólidos en suspensión: *Los sólidos en suspensión constituyen una media gravimétrica de la materia no disuelta en el agua, esto origina taponamientos de las líneas y deposito en la caldera y equipos de intercambio de color. La concentración máxima permisible de sólidos en suspensión en el agua de la caldera es de 100 ppm.²²*

¹⁹ Angel Vargas Zujiga. Mantenimiento de calderas industriales y marinas

²⁰ *Ibíd.*

²¹ *Ibíd.*

²² Frank N. Kemmer y John Mc Callion. Nalco Manual del agua. Tomo I. P. 65.

9.1.2.2. Sólidos Disueltos: Constituyen una medida de la cantidad total de materia disuelta, determinable por evaporación. Una alta concentración de sólidos disueltos puede originar entre otros problemas, la formación de espumas.²³

9.1.2.3. Sólidos Totales: Son la suma de los sólidos disueltos y en suspensión, determinada gravimétricamente, su máxima concentración no debe exceder de 2.000 ppm.²⁴

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

Puesto que el PH es la medida de la relativa alcalinidad o acidez del agua, constituye el factor más importante para juzgar la posibilidad de corrosión y formación de depósitos. Un valor bajo el PH favorece la corrosión de las superficies en contacto con el agua, mientras que un valor alto puede implicar la precipitación de carbonato de calcio sobre las superficies de intercambio de calor, líneas, etc.

El valor del PH del agua de alimentación se fija normalmente en un rango entre 7.5 y 9.5. El valor del PH del agua en la caldera es usualmente ajustado a un mínimo de 10.5 para prevenir corrosión acida y dar un margen suficiente para precipitación de las sales generadoras de depósitos²⁵.

En general se puede establecer como regla que cualquier análisis conducente a determinar la formación de depósitos o las tendencias corrosivas del agua de la caldera es incompleto sin la determinación del PH.

²³ Frank N. Kemmer y John Mc Callion. Nalco Manual del agua. Tomo I. P. 65

²⁴ *Ibíd.* P. 65..

²⁵ *Ibíd.* P. 42.

Tabla 13: Impurezas Comunes en el Agua y Efectos Posibles Cuando se Emplean para Alimentación de Calderas.

Constituyentes	Formula química	Fuente principal de inscrustamiento	Efecto	Tratamiento
Acido libres	H ₂ SO ₄ HCL	Deposito de muchos residuos industriales	Corrosión	Neutralización, seguida en ocasiones de evaporación o ablandamiento
Acido carbónico	H ₂ CO ₃	Absorción atmosférica, depósitos minerales, descomposición orgánica	Corrosión	Destrucción con productos químicos
Oxígeno	O ₂	Absorción atmosférica		
Carbonato de calcio	Ca (CO ₃)	depósitos minerales	Incrustación	Ablandamiento por calentamiento con productos químicos, intercambios iónico, evaporadores
sulfato de calcio	CaSO ₄	depósitos minerales	Incrustación	Ablandamiento con productos químicos desmineralización, intercambios iónico, evaporadores
Carbonato de calcio	CaCO ₃			
Cloruro de calcio	CaCl ₂			
Carbonato de magnesio	MgCl ₂			
Cloruro de magnesio	MgHCO ₃	depósitos minerales	Incrustación, corrosión	
Bicarbonato de sodio	NaHCO ₃	depósitos minerales	Arrastre, espuma, fragilización	Evaporación y desmineralización por intercambio iónico
Carbonato de sodio	Na ₂ CO ₃			
Carburo de sodio	Na CL	Agua regia, residuos y depósitos industriales	Incruste corrosivo en grietas, circulaciones	
Sílice	SiO ₂	depósitos minerales	Incrustación	Sedimentación libre, coagulación, filtración, evaporación, intercambio iónico
Sólidos en suspensión		Drenaje, superficial desechos industriales	Arrastre, espuma, lodos, incrustaciones	Sedimentación libre, coagulación, filtración, evaporación, intercambio iónico
Grasa y aceite		Hidrocarburos industriales y domésticos	Corrosión, depósitos, arrastre, espuma	coagulación, filtración, evaporación
Material orgánico y agua regia				

9.2. OBJETIVOS DEL TRATAMIENTO DE AGUA

Los diferentes aspectos que se cubren con un tratamiento adecuado, se pueden resumir en:

9.2.1. Incrustaciones y Depósitos: La formación de incrustaciones y depósitos en la caldera ocasiona el sobrecalentamiento de las zonas donde se localizan y finalmente pueden ocasionar fallas del metal de la caldera.

La pérdida de transferencia de calor en estas zonas lleva como resultado baja producción de vapor, altos costos de combustible gastado, y finalmente daños en la caldera que en algunos casos pueden ser tan severos que requiera cambio total de tubos y placas tubulares. Las inspecciones periódicas son indispensables.



Figura 10: Incrustaciones en Calderas

9.2.2. Protección contra la corrosión: Los gases que deben ser eliminados del agua de alimentación son el oxígeno y el dióxido de carbono.

La eliminación del oxígeno es imperativa debido a que su presencia disuelto en la solución, es causa de corrosión de la tubería y metales de la caldera. Su eliminación es posible usando desaireador y un tratamiento químico suplementario. Con el aumento de la temperatura del agua el oxígeno se hace menos soluble en la solución. Esto es utilizado en el desaireador al inyectar el agua en una corriente de vapor que la calienta y lleva a fuera el oxígeno que se desprende. El agua de alimentación se mantiene caliente en el tanque del desaireador permitiendo que continúe el venteo del oxígeno que se libere.

Los mejores resultados se obtienen con ajustes apropiados de la temperatura, presión y volumen de venteo del desaireador. La temperatura se debe mantener en 212 °F en lo posible, o mayor en regiones del agua de la caldera²⁶.

La protección efectiva contra la corrosión se logra sólo mediante el análisis periódico del agua de alimentación y del agua de la caldera dado que todos los metales, especialmente los ferrosos, tienden a retornar a su estado original de óxido. *En el caso específico de la caldera es necesario limitar la posibilidad de presencia de hierro en el agua que al oxidarse forma precipitados insolubles. Reduciendo o eliminando el oxígeno disuelto en el agua de alimentación se logra el control efectivo contra la corrosión. La falla del control ocasiona “picadura” de tubos y placas tubulares. Dicha picadura es un ataque localizado que se desarrolla muy rápidamente²⁷.* Las calderas de baja presión y las de agua caliente son mucho más susceptibles a estos ataques que las de alta presión.

Finalmente si la caldera se opera con PH particularmente bajo, igualmente se tendrá fallas por corrosión, siendo las pérdidas de metal más generalizadas que el ataque localizado ó “picaduras”.

9.2.3. Eliminación de Arrastre: *“Arrastre” se denomina al transporte de agua por el vapor que sale de la caldera. Factores que ocasionan arrastre tales como diseño de la caldera, ubicación de la salida del vapor, accesorios para eliminar humedad en el vapor, son parte del control del fabricante durante la puesta en marcha de la caldera. Factores de operación, velocidad de cambio de carga, diseño de la salida de vapor a la red de distribución constituyente del agua de alimentación, estado de conversión de las superficies y elementos de la caldera, control del nivel son parte del control del usuario de la caldera para evitar el arrastre²⁸.*

En relación con el tratamiento del agua de la caldera se debe limitar las concentraciones de sólidos a los valores especificados, manteniendo en mínimo los constituyentes espumantes. El control de purgas en estos casos puede no ser suficiente y se debe hacer un estudio cuidadoso con el analista químico responsable del tratamiento.

9.2.4. Corrosiones contra fragilidad: *Los daños en el metal de la caldera, causados por rompimiento inter cristalino del acero, pueden llevar a una reparación larga y costosa. El control de la concentración de materias alcalinas caústicas a través de análisis de alcalinidad puede no ser suficiente*

²⁶ Frank N. Kemmer y John Mc Callion. Nalco Manual del agua. Tomo III. P. 316.

²⁷ Ibíd. P. 318.

²⁸ Ibíd. P. 318.

para evitar dichos daños²⁹. Las inspecciones periódicas ofrecen un punto de control adicional al químico encargado del tratamiento o al usuario de la caldera.

9.2.5. Observaciones al mejor uso de la caldera: *La instalación de un tratamiento apropiado del agua de alimentación de la caldera es de primordial importancia, pero sólo será eficiente si se acompaña con inspecciones y limpieza de la caldera. La consecuencia final es la disminución radical de paradas forzosas de reparación por fallas en el metal de la caldera.*

El control así logrado mantendrá optimas las superficies de transferencia que unido al apropiado control de purgas dará un alto índice de eficiencia de la caldera.

El ahorro del combustible no será función exclusiva del control de exceso de aire y de la combustión, analizada en los gases a la salida de la caldera, sino que estará relacionada así mismo con el tratamiento del agua y de la limpieza de la caldera cuando se verifique la temperatura de gases en la caldera³⁰.

²⁹ Ibíd. P. 324.

³⁰ Frank N. Kemmer y John Mc Callion. Nalco Manual del agua. Tomo III. P. 325.

11. MANTENIMIENTO

La parte más importante para el buen funcionamiento de la caldera es el programa de mantenimiento. Si se establece dicho programa se tendrá la seguridad de que la caldera funcionará con un mínimo de paradas costosas, será más económica y evitará altos costos de reparación.

La base de un buen mantenimiento es una buena operación. Es por esto que la persona encargada debe conocer su funcionamiento y de esta forma, mediante una supervisión continua, se puede desarrollar mantenimiento oportuno. En el departamento de mantenimiento de la planta Coolechera-Cartagena se cuenta con un personal de: 9 miembros los cuales cumplen las siguientes funciones: el jefe de mantenimiento, 7 técnicos en mantenimiento y 1 soldador. De este personal hay un técnico en cada turno así:

Turno 1: 06:00 – 14:00

Turno 2: 14:00 – 22:00

Turno 3: 22:00 – 06:00

Y el resto de personal en horario ordinario. Esto con el fin de tener personal de mantenimiento las 24 horas del día, ya que muchos de los procesos en la planta son continuos.



Figura11: Sección de calderas Planta Coolechera-Cartagena.

10.1.SISTEMA DE CODIFICACIÓN DE LA PLANTA DE COLECHERA CARTAGENA

Este sistema de codificación se implementa con el fin de desarrollar un nombre o identificación única para cada equipo de la planta; este nombre se le da con el fin de simplificar las ordenes de trabajo y poder identificar con mayor facilidad la ubicación de cada equipo en la planta de esta forma se unifique este criterio entre las áreas de producción y mantenimiento.

Este código por equipo consta de 10 cifras distribuidas de la siguiente manera:

Código xxx-xxx-xx-xx

10.1.1. LA PRIMERA CIFRA: Hacen referencia a la sección en la que se ubica el equipo en la planta y se desarrolla de la siguiente manera.

Tabla 14: Nomenclatura de la Sección

SECCIÓN	IDENTIFICACIÓN
RECIBO DE LECHE	RLE
PASTEURIZACIÓN	PAS
PULVERIZADORA	PUL
CALDERAS	CAL
CUARTO DE CONGELACION	CDC
CUARTO DE REFRIGERACION	CDR
YOGUR	YOG
QUESERÍA	QUE
CUARTO FRIO DE PULPA	CFP
CREMA, MANTEQUILLA Y SUERO	CMS
MANTENIMIENTO	MAN
SUB-ESTACIÓN ELÉCTRICA	SEE

10.1.2. LA SEGUNDA CIFRA: Hace referencia al tipo de equipo.

Tabla15: Designación de Nombre a cada Equipo

TIPO DE EQUIPO	CODIGO
MOTOR	MOT
BOMBA	BOM
CENTRIFUGA	CEN
REDUCTOR	RED
CONDENSADOR	CDE
COMPRESOR	COM
HOMOGENIZADOR	HOM
PASTEURIZADOR	PAT
ENVASADORA	ENA
NAGEMA	NAG
BATIDORA	BAT
MAQUINA DE MANTEQUILLA	MMA
PRENSA	PRE
MAQUINA DE ENVASE	MEN
DIFUSOR	DIF
CALDERA	CAD
INTERCAMBIADOR	INT
TANQUE	TAN
CAMARA DE SECADO	CSE
EFFECTOS	EFE
VENTILADOR	VEN
CICLON	CIC
VALVULA ROTATIVA	VRO
CONSOLA DE CONTROL	CCO
TABLERO ELECTRICO	TEL
SISTEMA DE INYECCION	SIN
ZARANDA	ZAR
TINA	TIN
QUEMADOR	QUM
TORRE DE ENFRIAMIENTO	TEN

BASCULA	BAS
MONTACARGAS	MON
TABLERO BANCO DE CONDENSACION	TBC
AJITADOR DE SILO	ASI
COSEDORA	COS

10.1.3. LA TERCERA CIFRA: Relaciona el número asignado a cada equipo dentro de una sección.

Tabla 16: Individualización de cada Equipo

EQUIPOS	CODIGO
CALDERAS # 2 -150 BHP	01
CALDERAS # 3 -400 BHP	02
MOTOR CALDERA # 2	03
MOTOR CALDERA # 3	04
MOTOR VENTILADOR CALDERA # 2	05
MOTOR VENTILADOR CALDERA # 3	06
MOTOR DE ALIMENTACION AGUA CALDERA (STANDBY)	07
BOMBA DE ALIMNETACION AGUA CALDERA	08
BOMBA DE ALIMENTACION CALDERA	09
BOMBA DE ALIMNETACION CALDERA (STANDBY)	10
FILTRO	11
TANQUE DE ALIMNETACION	12
TANQUE GENERADOR	13

10.1.4. LA CUARTA CIFRA: Esta cifra hace referencia a sí el equipo cuenta o no con un equipo alternativo que pueda suplirlo en sus funciones en el caso de un fallo imprevisto. Se designa de la siguiente manera:

Tabla17: Designación de Respaldo

CONDICIÓN	CÓDIGO
Con Stand by	SS
Sin Stand by	NS

10.1.5. CÓDIGO COMPLETO:

Tabla 18: Codificación Completa

EQUIPOS (CALDERAS)	CODIFICACION
CALDERAS # 1 -150 BHP	CAL - CAL - 01 – NS
CALDERAS # 2 -400 BHP	CAL - CAL - 02 – NS
MOTOR CALDERA # 1	CAL - MOT - 03 – NS
MOTOR CALDERA # 2	CAL - MOT - 04 – NS
MOTOR VENTILADOR CALDERA # 1	CAL - MOT - 05 – NS
MOTOR VENTILADOR CALDERA # 2	CAL - MOT - 06 – NS
MOTOR BOMBA DE ALIMENTACION AGUA CALDERA	CAL - MOT - 07 – SS
MOTOR DE ALIMENTACION AGUA CALDERA (STANDBY)	CAL - MOT – 08
BOMBA DE ALIMENTACION AGUA CALDERA	CAL - BOM - 09 – SS
BOMBA DE ALIMENTACION AGUA CALDERA (STANDBY)	CAL - BOM – 10
FILTRO	CAL - FIL - 11 – NS
TANQUE DE ALIMENTACION	CAL - TAN - 12 – NS
TANQUE GENERADOR	CAL - TAN - 13 – NS

10.2. MANTENIMIENTO DE ALGUNOS COMPONENTES

10.2.1. Conjunto de Quemador

- El conjunto de quemador llena tres funciones:
 - ◆ Abastece de combustible (gas) a la cámara de combustión.
 - ◆ Mezcla el combustible con el aire de combustión suministrado por el ventilador.
 - ◆ Enciende el combustible.
- A fin de que el quemador funcione bien y de un rendimiento optimo, debe darse a los componentes que manejan tanto el combustible como el aire de combustión las acciones que a continuación se enumeran de acuerdo a las frecuencias establecidas en los numerales 11.2, 11.3, 11.4 y 11.5.

- ◆ Desarmar el conjunto quemador pleno de aire y limpiarlo perfectamente.
- ◆ Limpie las boquillas (sin dañarlas).
- Para asegurar un encendido confiable del combustible, es importante que el sistema de ignición tenga mantenimiento apropiado:
 - ◆ Verificar las puntas de los electrodos y ajustarlas cuando sea necesario.
 - ◆ Mantener apretados los terminales de los cables de encendido.
 - ◆ Verificar la porcelana del electrodo y cambiarla si se encuentra cuarteada.
- Las calderas están equipadas con ignitores de gas se deben mantener limpios en toda su extensión los conductos de aire al encendedor. Periódicamente se debe desarmar el mezclador de gas, el cual mezcla el gas y el aire para el piloto y limpiarse todos los conductos internos. El taponamiento de la tubería del aire da encendido defectuoso e irregular.
- ◆ El detector que verifica la existencia de llama, ya sea del piloto y/o de la llama principal, debe mantenerse limpio, si se acumula hollín o polvo en el lente del detector o en el tubo de montaje, la detección de la llama se interrumpirá y el quemador se apagará por falsa señal de falla de llama.

10.2.2. Ventilador (*Ver Anexo 2C*)

El conjunto del ventilador suministra el aire para la combustión, el bajo rendimiento del ventilador se traduce en una combustión inadecuada.

- Se deben realizar los siguientes procedimientos de acuerdo a las frecuencias establecidas en los numerales 11.2, 11.3, 11.4 y 11.5.
 - ◆ Limpiar la malla de entrada de aire al ventilador.
 - ◆ Limpiar el rotor y el interior del ventilador.
 - ◆ Revisar los pernos de anclaje y los prisioneros.
 - ◆ Verificar el sistema de acople motor-ventilador.
 - ◆ Verificar los rodamientos y su lubricación.

◆ Si se observa vibración excesiva se debe mandar a balancear el rotor por un especialista.

10.2.3. Componentes Electrónico: Los componentes electrónicos pueden ser divididos en varios grupos:

➤ **Motores:** Requieren un mínimo de mantenimiento.

◆ Deben mantenerse secos y libres de suciedad.

◆ Se deben engrasar los rodamientos cada 3 o 6 meses.

◆ Cada 3 o 5 años se deberán quitar los motores para una reparación general.

➤ **Interruptores:** *Los interruptores incluyen los de tipo automático, como los de ampolla de mercurio los cuales responden a cambios de presión y los interruptores manuales.*

Su mantenimiento más importante es la limpieza de los terminales y su correcto ajuste.³¹

➤ **Relevadores (relés) y solenoides:** *Los arrancadores de los motores y válvulas operadas eléctricamente contienen relevadores y solenoides.*

◆ *Revise de acuerdo a las frecuencias establecidas en los numerales 11.2, 11.3, 11.4 y 11.5. las conexiones terminales en los arrancadores.*

◆ *Las conexiones flojas pueden ser la causa de sobrecargas y poca vida de los contactos.*

◆ *Se deben inspeccionar los contactos para que tengan buen contacto mecánico y cámbielos si están demasiado picados o quemados.*

◆ *Las válvulas solenoides no requieren mantenimiento pero deben ser probadas enuncian de acuerdo a las frecuencias establecidas en los numerales 11.2, 11.3, 11.4 y 11.5. para ver si se cierran bien bajo presión normal.³²*

➤ **Relevadores de programación (timers):** *El programador es el control que automáticamente da la secuencia de funcionamiento del quemador y del equipo auxiliar.*

³¹ Calderas Fabricadas Por Comesa S.A. Manual De Operación Y Mantenimiento

³² Ibíd.

También funciona como dispositivo de parada en caso de falla de llama, apagando el motor en caso de que el detector no “vea” el piloto o la llama de combustible.

Es necesario cambiar los bulbos electrónicos anualmente y limpie los contactos de los relevadores y de las levas cuando menos cada tres (3) meses. Use únicamente papel grueso limpio o lija fina cuando se limpien esos contactos³³.

En general antes de asumir que una parte eléctrica se encuentra defectuosa hay que asegurarse de que la dificultad no estriba en una conexión imperfecta u otro defecto fácilmente corregible.

Después de realizar una inspección, hay que asegurarse de que todas las cubiertas de los controles han sido colocadas en sus sitios antes de arrancar las calderas.

10.2.4. Refractario: La función del refractario es disminuir las pérdidas térmicas, evitar el calentamiento excesivo del quemador y ayudar a dar forma a la llama.

Cuando se presentan grietas o rotura, generalmente es más efectivo cambiar el refractario que intentar repararlo, teniendo cuidado de no obstruir la abertura del plenum de aire, manteniendo el diámetro original.

10.2.5. Tubos de fuego: La reparación o cambio de un tubo es labor que debe realizar personal especializado.

- Las señales que indican fugas en los tubos generalmente son:
- ◆ Un silbido en la parte frontal o en la trasera de la caldera.
- ◆ Goteo de agua en la parte trasera o delantera de la caldera.
- ◆ Presencia de vapor en las salidas del gas.

Cuando se presenta esta falla, debe apagarse el quemador inmediatamente, cerrar la válvula de la línea principal de vapor y dejar enfriar la caldera manteniendo el nivel normal de agua, una vez fría se debe vaciar y abrir las puertas delantera y trasera para examinar el daño, confirmada la fuga. Contratar a un personal especializado para su reparación.

³³ Calderas Fabricadas Por Comesa S.A. Manual De Operación Y Mantenimiento

10.3. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DIARIO (*Ver Anexo B*)

➤ Inspección completa a toda la sección de calderas. Esta inspección deberá hacerse una vez en cada turno por el técnico de mantenimiento y con el fin de que el personal de mantenimiento se familiarice con la operación normal de los equipos y que pueda detectar fácilmente por medio de sus cinco sentidos cualquier anomalía que se presente en el sistema.

- Revisión de tuberías y válvulas para observar presencia de fugas. Con el fin disminuir las pérdidas de fluidos en el sistema (Agua, vapor, combustible, etc...), además de evitar situaciones que puedan poner en riesgo la integridad del personal o de los equipos.

- Observar el funcionamiento de los siguientes elementos: (controles; bombas; motor). En esta inspección se tendrán en cuenta parámetros tales como: vibración excesiva, alta temperatura, ruidos extraños. o cualquier otra condición que el operador considere sospechosa.

- Ciclo de funcionamiento del quemador: para esto deberá revisarse el modulador que controla el flujo de aire y combustible al quemador con el fin que se mantenga la relación aire combustible. (*Ver Anexo 16C*).

- Revisar condiciones de todos los protectores de seguridad (control de encendido, control de agua, arrancadores de motores, etc.). Se deberá inspeccionar su condición física (válvulas de seguridad, relés, switches) y operación normal en caso de una anomalía informar de inmediato al jefe de mantenimiento. debido a que de estos elementos depende la operación segura de la caldera. (*Ver Anexo 1C*)

- Control de la bomba de alimentación y/o corte por bajo nivel, se debe verificar que la operación del el switch de bajo nivel de la caldera ponga en servicio la bomba de agua de alimentación (*en automático*) para reponer el nivel de agua en la caldera y así evitar el disparo del quemador por bajo nivel de agua dentro de la caldera. (*Ver Anexo 4C*)

- Purga diaria de la columna de agua, esta operación deberá realizarse por lo menos una vez en cada turno, para eliminar de la caldera residuos presentes el agua de alimentación y que pueden originar corrosión e incrustaciones en las paredes y en la tubería (ver sección 10.2) (tener en cuenta protección por corte de bajo nivel).

- Control riguroso del programa de purgas (de fondo o continuo) de la caldera. (*Ver Anexo 12C*)

- Verificación de la temperatura de agua de alimentación (no debe acercarse a la temperatura de ebullición). esta verificación es de suma importancia ya que si a la presión atmosférica se aumenta la temperatura hasta la de temperatura de saturación, se producirá vapor en el agua de alimentación originando golpe de ariete y/o cavitación en las bombas de agua de alimentación. (*Ver Anexo 6C*)
 - Producción de vapor y/o consumo de combustible. es necesario revisar en cada turno si la producción de vapor en la caldera es la necesaria sobre todo en el turno 3 donde el consumo de vapor disminuye ya que operan menos procesos.
 - Presión y temperatura del vapor. si se detecta por parte del operador un aumento en la presión o en la temperatura se deberá regular el flujo de aire y combustible a la caldera por medio del control del quemador ubicado en el panel de control de la caldera.
- Verificación diaria de la limpieza de:
- Mallas a la entrada del aire de ventilador(*Ver Anexo 2*)
 - Filtros de combustible (*Ver Anexo 11*)
 - Área de la caldera y sus controles(*Ver Anexo 10C*)

La verificación de todos estos componente deberá hacerse una vez en cada turno, de esto depende que la operación de la caldera se de en los parámetros y condiciones adecuadas.

10.4. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO SEMANAL (*Ver Anexo B*)

- Limpieza de la boquilla del quemador y del electrodo de encendido. Debido a la operación continua de la caldera en la planta Coolechera-Cartagena la limpieza de estos elementos se hará una vez cada semana en un día que sea posible por la baja producción, pero por el hecho de que el combustible que se utiliza en la planta es el gas natural que es un combustible limpio para la operación se podrá realizar máximo en periodo de 15 días. (*Ver Anexo 3C, 15C*)
- Lubricación de motores y rodamientos. La lubricación de equipos se llevara basada en la ruta de tribología desarrollada previamente en la planta.

Se recomienda remover el exceso de grasa y del lubricante viejo para que el proceso de lubricación sea acertado. (Ver Anexos 2C, 8C, 9C, 13C)

- Inspección empaquetaduras de la bomba de alimentación de agua. en el caso de preséntese una fuga considerables de fluido, si este es el caso programar la puesta fuera de servicio del equipo y se reemplazara el empaque dañado. (Ver Anexos 8C, 9C)
- Verificación de mala combustión, desajustes de relación aire combustible, ensuciamiento de los tubos. (Humos en la chimenea, temperatura de los gases, depósitos de hollín, etc.).

10.5. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO MENSUAL (Ver Anexo B)

Puntos básicos de supervisión durante el mantenimiento mensual:

- Limpiar con cuidado el polvo de los controles eléctricos y revisar los contactos de los arrancadores. Verificar que el interruptor general este desconectado antes de hacer limpieza, se debe mantener siempre cerrada la puerta del gabinete de control a menos que se haga algún trabajo en los controles eléctricos. (Ver Anexos 1C, 10C, 11C)
- Limpiar todos los filtros en líneas de combustibles, aire y /o vapor. Siempre que se limpie el filtro cerciorándose del estado de los mismos, el tipo de suciedad y la hermeticidad de las tapas o tapones. (Ver Anexos 2C, 3C, 4C, 11C)
- Efectuar mantenimiento del sistema de alimentación de agua:
 - a. Limpiar los filtros de agua de alimentación de la caldera. (Ver Anexos 3C, 4C)
 - b. Limpiar el tanque de agua de alimentación de la caldera y alberca de retorno de condensado. Comprobar el funcionamiento de las válvulas de control de nivel. (Ver Anexo 6C, 14C)
 - c. Revisar la bomba de alimentación, su lubricación, los empaques, ajustes de las conexiones. Los casquillos del empaque no se deben apretar demasiado. Debe haber siempre un ligero goteo de los casquillos. (Ver Anexos 8C, 9C)
 - d. Lubricación o engrase de motores según sea necesario. (Ver Anexos 2C, 8C, 9C, 13C)

e. Verificar el alineamiento de la bomba de alimentación con su motor por medio de un indicador de carátula. Si la bomba se ha desalineado, causa vibraciones y posibles daños en acople y rodamiento. (Ver Anexo 8C, 9C)

- Efectuar mantenimiento del sistema de combustión:

- a. Desmontar y limpiar el conjunto del quemador. (Ver Anexos 3C, 15C, 16C)

- b. Desmontar el conjunto de la boquilla. No se debe limpiar la boquilla con instrumentos metálicos. Revisar el empaque de caucho interior de la boquilla y reemplazarlo si esta desgastado. Si usa papel de lija, éste debe ser de grano fino.

- c. Revisar el electrodo del sistema de encendido y verificar que la apertura es correcta, limpiar el conjunto y revisar el aislamiento para ver si no esta roto. (Ver Anexo 15C)

- d. Verificar el estado de la cámara de combustión y refractarios. Puede ser que requiera una limpieza más frecuente, ya que en este influyen incluso factores ambientales.

- e. Puede ser que requiera una limpieza más frecuente, dependiendo de las condiciones locales.

- Verificar los tornillos de anclaje de los motores y bombas. se debe verificar que la soltura de los tornillos del motor o de la bomba no afecte la alineación del equipo (Ver Anexo 2C, 7C, 8C, 9C, 13C, 16C)

- Verificar el estado de todas las trampas de vapor. Las trampas defectuosas ocasionan bloqueos en el sistema.

- Efectuar una limpieza cuidadosa de la columna de agua. Remover los raponos inferiores bajo la columna de agua y limpiar el sedimento que pueda haber en el tubo que entra en la caldera. Esto solo se podrá hacer cuando la caldera esté fría y el nivel de agua de la caldera debajo de la conexión.

- Limpiar la malla de entrada de aire al ventilador.

- Verificar todos los acoples y motores.

- Verificar todas las válvulas y grifos. Rectificar los asientos de las válvulas y cambiar los empaques donde sea necesario.

- Verificar todos los enclavamientos de protección en el programado. este punto es de vital importancia, es necesario que todas las protecciones

de seguridad de la caldera actúen en el momento que sean requeridas, en lo posible se recomienda que cada vez que se requiera poner la caldera fuera de servicio se haga efectuando alguno de estos disparos, este procedimiento debe hacerse de forma cuidadosa y con personal de experiencia y/o el jefe de mantenimiento. En el caso de encontrar alguna falla en alguna de las protecciones es necesario que no se ponga la caldera en servicio hasta que se solucione el problema, de no ser así esto podría acarrear un grave peligro.

- Dependiendo del tiempo que vaya a estar la caldera fuera de servicio, realizar la limpieza del sistema de circulación de gases, tubos de combustión y chimenea. Según sustrato esta limpieza también puede hacerse trimestral o semestral.

10.6. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO SEMESTRAL (Ver Anexo B)

Para el programa de mantenimiento semestral debe hacerse el programa de mantenimiento mensual incluyendo adicionalmente:

- Revisar el lado del agua de la caldera. Una vez la caldera este fría se debe drenar por completo, abrir las tapas de inspección de mano y la tapa de inspección de hombre y lavar bien con agua a presión, verificando que toda la incrustación y sedimentos sean removidos del interior de la caldera.
- Después de lavar la caldera, se debe examinar con cuidado las superficies de evaporación, para ver si hay indicios de corrosión, picadura o incrustación. Cualquier indicio de estas condiciones denota la necesidad de dar mejor tratamiento de agua a la caldera. Deberán seguirse al pie de la letra las indicaciones del analista químico respecto al tratamiento del agua de alimentación.
- Utilizar empaques nuevos al volver a colocar las tapas de inspección de mano y la tapa de inspección de hombre. Antes de colocar los empaques, limpiar los residuos de las juntas viejas, los asientos de las tapas y el interior de la caldera. Aplique grafito en polvo a las juntas para facilitar su cambio la próxima vez que se destape la caldera.
- Limpiar el lado de fuego de los tubos, la eficiencia de la caldera depende en gran parte de una superficie limpia de los tubos. El hollín actúa como aislador y evita la absorción del calor. Los tubos deben limpiarse adicionalmente cuando lo indique la alta temperatura de la chimenea o la baja producción de vapor.

- Al llenar la caldera, para volver a poner la caldera en servicio, se debe verificar la hermeticidad de las tapas de inspección de acceso, apretándolas con una llave a medida que caliente la caldera y suba la presión.
- Verificar el funcionamiento de las válvulas de seguridad, esta debe someterse a pruebas periódicas para verificar su estado y asegurar su operación cuando sean requeridas.

10.7. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ANUAL (Ver Anexo B)

El programa de mantenimiento anual incluye los puntos de chequeo del programa de mantenimiento semestral.

Cambie la empaquetadura de la bomba de alimentación si se necesita.

- Si hay facilidad de revisar los motores, se debe proceder a su mantenimiento, hecho únicamente por personal especializado y si es necesario desmontarlos y trasladarlo a un taller de confianza. El mantenimiento debe incluir desarme de los motores para limpieza completa y prueba de los aislamientos. Las bobinas deben ser sopladas con aire comprimido. Cualquier depósito de aceite o grasa en las bobinas debe ser quitado y éstas limpiadas perfectamente con solvente, teniendo cuidado de no empaparlas.
- De acuerdo con los análisis del analista químico, y de observaciones de formación de espuma y oleaje en la superficie se debe determinar si se requiere una limpieza química de la caldera (Hervido).

10.8. PROCEDIMIENTO DE INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE LA SECCIÓN DE CALDERAS

10.8.1. Procedimiento de inspección y mantenimiento de motores eléctricos.

Con en el motor fuera de servicio.

- Medir la resistencia del aislamiento de la acometida.
- Medir la resistencia del aislamiento de los devanados y calcular el índice de polarización.
- Medir la resistencia del cobre de los devanados.

- Verificar la conexión de puesta a tierra de la carcasa.
- Para motores semi-abiertos examinar en las cabezas del bobinado los amarres, la correcta ubicación del heater de calefacción, verificar si existe presencia de polvo, grasa o aceite en el devanado, por defecto de una mala lubricación. Determinar si es posible tomar una acción correctiva de limpieza en el sitio sin que el equipo sea desmontado, de lo contrario reportar para un mantenimiento correctivo,
- Verificar el funcionamiento del heater de calefacción.
- Verificar el ajuste del relé térmico de protección contra sobrecargas, comparando el valor ajustado con la corriente nominal.
- Verificar la hermeticidad de la carcasa y de la caja de bornera.
- Verificar el anclaje, soportes, conexión y hermeticidad del ducto de acometida.
- Verificar el estado general de las patas, tapas, carcasa y ventilador del motor.
- Verificar el estado del acople y su protección.
- Evaluar el estado de la pintura y limpieza del área que lo rodea, para detectar posibles causas de fallas.
- Devolver la libranza al operador y coordinar con el la energización y la normalización del equipo para ejecutar prueba.

Con el motor en marcha y con carga:

- Comprobar la buena ventilación comprobando el flujo de aire.
- Tomar temperatura de la carcasa con la pistola termografía.
- Tomar temperatura de los rodamientos con la pistola termografía.
- Detectar ruidos anormales por roces del ventilador, acople o poleas o correa con las defensas o mallas de protección.
- Medir la corriente y voltaje con carga en cada una de las fases.

10.8.2. Procedimiento de inspección y mantenimiento para relés de protección.

◆ Mantenimiento mensual.

- Limpieza exterior: se quita la tapa y se limpia la parte frontal.

◆ Mantenimiento anual:

- Calibrar relés.
- Comprobar tiempos de disparo: se le aplica tensión al rele y se mide el tiempo, se realiza en varias ocasiones dicho procedimiento y se saca un promedio de los tiempos.
- Limpiar contactos auxiliares: esto se realiza con papel de lija fina (Nº 600 o 400) pasándola por la superficie del contacto muy suavemente.
- Ajuste de conexiones: cambiar tornillería oxidada, limpiar cableado, verificar buen contacto.

10.8.3. Procedimiento de inspección y mantenimiento de caldera.

10.8.3.1. Quemador.

- Soltar pernos de tapa plenum.
- Hale hacia atrás el cabezal girándolo alrededor de 180°. (antes de esta maniobra se recomienda marcar la posición inicial correcta del quemador para facilitar su armado)
- Extraiga cuidadosamente el cabezal inclinándolo hacia abajo.
- Con el cabezal del quemador fuera inspeccionar parte interna:
 - a. Difusor de aire y anillo primario
 - b. Tapa damper de modulación.
 - c. Revisar switches de modulación abierto y cerrado.
 - d. Revisar y limpiar control de aire de combustión.

- Se limpia con un trapo o grata las partes del quemador. El quemador de la planta Coolechera es de fácil limpieza ya que el combustible quemado es gas natural que es un combustible muy limpio en su operación.
- Se arma completo el conjunto del quemador.
- Se monta el cabezal del quemador en su posición correcta (previamente marcada antes del desarme).
- Se aprietan pernos del plenum.

10.8.3.2. Sistema de ignición.

Para revisar sistema de ignición:

- Se retiran mangueras de aire y gas.
- Se extrae el ignitor por completo.
- Se suelta el electrodo y se mira apertura para la chispa no debe ser mayor de 1/8"
- Se verifica estado del cerámico del electrodo no puede estar quebrado.
- Se verifica el estado y operación de las válvulas que conforman el sistema de ignición estas deben actuar normalmente es decir deben abrir y cerrar completamente y sin ningún tipo de obstrucción.
- Se rearma el sistema de ignición y se acoplan las mangueras de gas y aire.
- Las mangueras de ignición deberán ser probadas con los métodos tradicionales para verificar si tienen fugas o están rotas, si esto sucede deberán ser reemplazadas por completo.

10.8.3.3. Lado de agua

Para revisar el lado de agua o lado de presión es necesario que la caldera sea enfriada por más de 6 horas y que luego sea drenada completamente:

- Se extraen las tapas manuales (Handhole) de inspección soltando los pernos de agarre. Son cuatro tapas ubicadas a los costados de la caldera.
- Se verifica la presencia de incrustaciones, picaduras o corrosión en la parte exterior de la tubería. Si la presencia de incrustaciones o corrosión es muy evidente es necesario reportar inmediatamente al jefe de mantenimiento para mejorar el sistema de tratamiento químico de agua de la caldera o reemplazar la tubería en mal estado.
- Inspeccione las conexiones de acumulación de fangos o lodos en el fondo de la caldera y limpiarlas con agua a presión si es necesario.
- Al volver a colocar las tapas manuales debe asegurarse que este en su posición correcta y queden apretadas completamente.

10.8.3.4. Lado de fuegos y/o humos

Para revisar el lado de fuegos es necesario que la caldera sea enfriada por más de 6 horas y que luego sea drenada completamente:

- Se extraen las tapas de inspección de hombre (Manhole), ubicadas en la parte posterior y frontal de las calderas, soltando los pernos de sujeción.
- Respecto a la tubería lado de interno o lado de fuego, debe ser limpiada de la presencia de hollín o residuos de combustible, se debe utilizar un cepillo especial para la limpieza de tubos.
- Las superficies internas deberán ser sopladas para remover sedimentos.
- En caso de que el hollín o los residuos de combustibles se encuentren muy pegados y no hayan salido con la limpieza a presión se deberán usar productos químicos recomendados por un especialista.
- Si un tubo de la caldera presenta rotura es muy posible que debido a la corrosión o incrustaciones haya mas tubos rotos es por eso que se recomienda una evaluación mas detallada de las condiciones de la tubería por medio de la realización de una prueba hidrostática.
- El jefe de mantenimiento asesorado por un experto determinara la cantidad de tubería que deberá ser reemplazada. Si son todos los tubos necesitan ser cambiados rápidamente es preferible y menos costoso cambiarlos todos de una vez.

10.8.3.5. Prueba hidrostática

La prueba consiste en presurizar al equipo sin estar en funcionamiento y desenergizado, desconectado de sus partes mecánicas y neumáticas, a una temperatura no mayor de 40 °C, con un manómetro calibrado conectado al equipo, hasta una presión de prueba que debe ser al menos 10 % por arriba de la presión de calibración del dispositivo de seguridad (el de menor valor, cuando se cuenta con más de un dispositivo de seguridad), con un fluido incompresible cuyo comportamiento al incremento de presión no genere riesgos, y aplicar el siguiente procedimiento genérico:

- Determinar el valor de la presión de prueba a que será sometido el equipo.
- Incrementar paulatinamente la presión en al menos tres etapas del valor de presión de prueba (aproximadamente hasta 33%, 66%, 100%)
- Mantener la presión en cada una de las dos primeras etapas, durante el tiempo suficiente para inspeccionar visualmente las posibles deformidades, lagrimeos, fugas, decrementos de presión en el manómetro, o cualquier otra señal que pudiera decidir suspender la prueba y determinar los resultados como no satisfactorios.
- Al llegar al valor de presión de prueba, esperar al menos 30 minutos manteniendo esta presión, e inspeccionar según se establece en el punto anterior, si no existe un decremento de presión de más de 5% del valor de presión de prueba o no hay motivos para considerar que el equipo operara sin condiciones de seguridad, la prueba se considerara satisfactoria.

La prueba de presión hidrostática nunca se hace con el quemador en servicio o con la caldera funcionando. Esta prueba se realizara como mínimo cada 6 meses.

10.8.4. Procedimiento de inspección y mantenimiento a bombas de agua alimentación caldera y condensado

Se describirá el desmontaje completo del los equipos mencionados:

- Apagar la alimentación eléctrica.
- Drenar el sistema.
- Retire los pernos que sujetan al motor.

- Traslado del equipo al taller.
- Marque las tapas de la bomba
- Quitar o retirar los pernos de la carcasa.
- Retire el conjunto de desmontaje de la caja de rodamientos de la carcasa.
- Quite la tuerca de seguridad del impulsor. No introduzca destornilladores en medio de los alabes del impulsor para impedir que este gire o rote. Retire la tapa del lado opuesto del motor. Para exponer la ranura del destornillador, úsela para evitar daños en el impulsor.
- Retire el impulsor girándolo en sentido contrario que las manecillas de un reloj, es decir de derecha a izquierda al frente de la bomba. protéjase las manos con guantes para realizar esta maniobra. no intente retirar el impulsor en otro sentido porque podría dañar la roca de este o la del eje.
- Con dos barras de hacer palanca separadas en 180 grados e insertadas entre el alojamiento del sello (184) y el adaptador del motor, con mucho cuidado separe las dos partes. La unidad del sello mecánico debe salir del eje con el alojamiento del sello.
- Quite la tapa del cojinete.
- Quite los sellos de reborde del marco del cojinete y de la tapa del cojinete si esta desgastado.
- Use un extractor de cojinetes o prensa de eje para quitar los cojinetes de bola.
- Para el reensamble se deben limpiar todas las piezas antes del montaje.

BIBLIOGRAFÍA

ANGEL VARGAS ZUNIGA, MANTENIMIENTO DE CALDERAS INDUSTRIALES Y MARINAS; Publicado por series vz, 1990

MARCELO MESNY, CALDERAS DE VAPOR: DESCRIPCIÓN, TEORÍA, MANEJO Y MANTENIMIENTO; Procedente de universidad de Texas Publicado por ediciones marymar, 1977

JORGE GONZÁLEZ, MANTENIMIENTO DE CALDERAS; Publicado por universidad de Antioquia, Facultad nacional de salud publica, 1976

CALDERAS FABRICADAS POR COMESA S.A. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

REY SACRISTÁN, FRANCISCO, MANUAL DEL MANTENIMIENTO INTEGRAL EN LA EMPRESA; Editorial: Madrid: Fundación confemetal, d.l. 2001

BERNARDO HERNANDO LUCAS, SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO DE VEHÍCULOS; Edición: 1ª; 2007

GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, FRANCISCO JAVIER, TEORÍA Y PRÁCTICA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL AVANZADO; Publicado por FC Editorial

FREN N.KEMMER, JOHN NC CALLION, NALCO; MANUAL DEL AGUA SU NATURALEZA, TRATAMIENTO Y APLICACIONES. McGraw-Hill; Tomo 3

ANTHONY LAWRENCE KOHAN, MANUAL DE CALDERAS. PRINCIPIOS OPERATIVOS DE MANTENIMIENTO, CONSTRUCCIÓN, INSTALACIÓN, REPARACIÓN, SEGURIDAD, REQUERIMIENTO Y NORMATIVAS; Editorial McGraw-Hill; 1ª edición 2000

DE MOLINA IGARTUA, LUIS; ALONSO GIRON, JESUS, CALDERAS DE VAPOR EN LA INDUSTRIA Plaza Edición: Bilbao, 1996

SHIELDS, CARL D, CALDERAS; TIPOS, CARACTERÍSTICAS Y SUS FUNCIONES, Compañía Editorial Continental, 1965.

PRANDO RAÚL, MANUAL DE GESTION DE MANTENIMIENTO A LA MEDIDA

ANEXOS

ANEXO A

FICHAS TÉCNICAS DE LAS CALDERAS

FICHA TÉCNICA			
CODIFICACION:	CAL - CAL - 01- NS		
IDENTIFICACION			
Equipo:	CALDERA # 1 DE 150 BHP		
Código:	01	Fabricante:	DISTRAL
Tipo:	D3E - 400 - 150	Dir. Fabricante	BOGOTA - COLOMBIA
Serie:	A - 3076	Localización:	CALDERAS
ESPECIFICACIONES			
Potencia	150.36 Hp	Pasos	3
Capacidad	150 BHP	Tipo De Combustible	GAS NATURAL
Ignición	GAS	Generación De Vapor	4672 Lb/h
Peso	15028 Lb	Diámetro Interno	66 Pulg
Presión De Operación	115 PSI	Presión Máxima De Operación	150 PSI
Generación Calorífica	5022000 BTU /H	Longitud Total De La caldera	193 - 1/2 Pulg
Superficie de Calentamiento	750 Pie2	Longitud Del cuerpo De La Caldera	160 Pulg
		Contenido de Agua a Nivel Normal	2557 Galones
LUBRICACION			

FICHA TÉCNICA			
CODIFICACION:	CAL - CAL - 02- NS		
IDENTIFICACION			
Equipo:	CALDERA # 2 DE 400 BHP		
Código:	02	Fabricante:	COMESA
Tipo:	D3E-3076	Dir. Fabricante	BOGOTA - COLOMBIA
Serie:	A-3076	Localización:	CALDERAS
ESPECIFICACIONES			
Potencia	405.52 Hp	Pasos	3
Capacidad	400 BHP	Tipo De Combustible	Gas Natural
Ignición	Gas	Generación De Vapor	12461 Lb/H
Peso	28617 Lb	Diámetro Interno	84 Pulg
Presión De Operación	115 PSIG	Presión Máxima De Operación	150 PSIG
Generación Calorífica	13390000	Longitud Total De La caldera	285 - 1/2 Pulg
Superficie de Calentamiento	2000 Pie2	Longitud Del cuerpo De La Caldera	240 Pulg
		Contenido de Agua a Nivel Normal	2557 Galones
LUBRICACION			

FICHA TÉCNICA

CODIFICACION:		CAL - MOT - 03 - NS	
DENTIFICACION			
Equipo:	MOTOR CALDERA # 1		
Código:	03	Fabricante:	HONEYWELL
Tipo:	M9184D1021	Serie:	Modutrol IV
Catalogo:	x	Plano:	x
		Localización:	CALDERA
ESPECIFICACIONES			
Torque	150 Lb-pul	Fase	3
Voltaje	24 V	Control de señal	4 - 20 mA
Angulo	90° a 160 °	Factor de Potencia	0.9
Frecuencia	60 Hz	Dimensión del Eje	0.375 "
Acople		Temperatura Max Equipo	60 °C
DETALLES DE RODAMIENTOS			
LUBRICACION			

FICHA TÉCNICA

CODIFICACION:		CAL - MOT - 04 - NS	
DENTIFICACION			
Equipo:	MOTOR CALDERA # 2		
Código:	04	Fabricante:	HONEYWEL
Tipo:	M9484D1010	Serie:	Modutrol IV
Catalogo:	x	Plano:	x
		Localización:	CALDERA
ESPECIFICACIONES			
Torque	150 Lb-pul	Fase	3
Voltaje	24 V	Control de Señal	4 - 20 mA
Angulo	90° a 160 °	Factor de Potencia	0.9
Frecuencia	60 Hz	Dimensión del Eje	0.375 "
Acople		Temperatura Max Equipo	60 °C
DETALLES DE RODAMIENTOS			
LUBRICACION			

FICHA TÉCNICA

CODIFICACION:	CAL - MOT - 05 - NS		
DENTIFICACION			
Equipo:	MOTOR VENTILADOR CALDERA # 1		
Código:	05	Fabricante:	SIEMENS
Tipo:		Serie:	1LA01444YK30
Catalogo:	Plano:	Localización:	CALDERA
ESPECIFICACIONES			
Potencia	1 HP	Fase	3
Voltaje	220/440 V	Amperaje	31.8/15.7 A
Velocidad	1800 RPM	Factor de Potencia	0,8
Ciclos	60 Hz	Diámetro del Eje	1 "
Acople		Temperatura Max Equipo	40 °C
DETALLES DE RODAMIENTOS			
LUBRICACION			

FICHA TÉCNICA

CODIFICACION:	CAL - MOT - 06 - NS		
DENTIFICACION			
Equipo:	MOTOR VENTILADOR CALDERA # 1		
Código:	06	Fabricante:	SIEMENS
Tipo:		Serie:	1LA01464YK30
Catalogo:	Plano:	Localización:	CALDERA
ESPECIFICACIONES			
Potencia	2 HP	Fase	3
Voltaje	220/440 V	Amperaje	31.8/15.7 A
Velocidad	1800 RPM	Factor de Potencia	0,9
Ciclos	60 Hz	Diámetro del Eje	1 "
Acople		Temperatura Max Equipo	40 °C
DETALLES DE RODAMIENTOS			
LUBRICACION			

FICHA TÉCNICA			
CODIFICACION:		CAL - MOT - 07 - SS	
DENTIFICACION			
Equipo:	MOTOR BOMBA DE ALIMNETACION AGUA CALDERA		
Código:	07	Fabricante:	SIEMENS
Tipo:		Serie:	3MOTILA30834YB60
Catalogo:	Plano:	Localización:	CALDERA
ESPECIFICACIONES			
Potencia	12 Hp	Fase	3
Voltaje	220/440 V	Amperaje	31.8/15.7 A
Velocidad	1750 RPM	Factor de Potencia	0,8
Ciclos	60 Hz	Diámetro del Eje	1 "
Acople		Temperatura Max Equipo	45 °C
DETALLES DE RODAMIENTOS			
LUBRICACION			

FICHA TÉCNICA			
CODIFICACION:		CAL - MOT - 08 - SS	
DENTIFICACION			
Equipo:	MOTOR BOMBA DE ALIMNETACION AGUA CALDERA		
Código:	08	Fabricante:	SIEMENS
Tipo:		Serie:	3MOTILA30834YB60
Catalogo:	Plano:	Localización:	CALDERA
ESPECIFICACIONES			
Potencia	12 Hp	Fase	3
Voltaje	220/440 V	Amperaje	31.8/15.7 A
Velocidad	1750 RPM	Factor de Potencia	0,8
Ciclos	60 Hz	Diámetro del Eje	1 "
Acople		Temperatura Max Equipo	45 °C
DETALLES DE RODAMIENTOS			
LUBRICACION			

FICHA TÉCNICA

CODIFICACION:	CAL - BOM - 09 - SS		
IDENTIFICACION			
Equipo:	BOMBA DE ALIMENTACION AGUA CALDERA		
Código:	09	Fabricante:	HIDROMAC
Tipo:	TURBI EGT C/S	Serie:	E6T
Catalogo:	x	Plano:	x
		Localización:	CALDERA
ESPECIFICACIONES			
Velocidad:	1750 Rpm	Accionamiento	Man/Aut
Capacidad	60 Gpm	Material del Impulsor:	Bronce
N° de Alabes	7	Diámetro del Impulsor:	
Presión de Succión :	275 Psi	Presión de Descarga :	450 Psi
Diámetro Succión:	2 ½ "	Temperatura Max Equipo :	45 °C
Diámetro descarga :	2 "	Temperatura Max Cojinetes:	45 °C
DETALLES DE RODAMIENTOS			
LUBRICACION			
SELLO MECANICO			

FICHA TÉCNICA

CODIFICACION:	CAL - BOM - 10 - SS		
IDENTIFICACION			
Equipo:	BOMBA DE ALIMENTACION AGUA CALDERA		
Código:	10	Fabricante:	HIDROMAC
Tipo:	TURBI EGT C/S	Serie:	E6T
Catalogo:	x	Plano:	x
		Localización:	CALDERA
ESPECIFICACIONES			
Velocidad:	1750 Rpm	Accionamiento	Man/Aut
Capacidad	60 Gpm	Material del Impulsor:	Bronce
N° de Alabes	7	Diámetro del Impulsor:	
Presión de Succión :	275 Psi	Presión de Descarga :	450 Psi
Diámetro Succión:	2 ½ "	Temperatura Max Equipo :	45 °C
Diámetro descarga :	2 "	Temperatura Max Cojinetes:	45 °C
DETALLES DE RODAMIENTOS			
LUBRICACION			
SELLO MECANICO			

ANEXO B

FORMATOS DE ORDEN DE TRABAJO

MANTENIMIENTO DIARIO

COOLECHERA Nit: 890.101.897-2			MANTENIMIENTO PREVENTIVO		SISTEMA HACCP					
					CÓDIGO : 40MPF07					
CÓDIGO DE EQUIP.		EQUIPO:								
SOLICITADO POR:		PRIORIDAD		PREPARADO POR						
FECHA:		1	INMEDIATA	MAURICIO PUERTAS CASTRO						
DEPARTAMENTO:		2	MÁXIMO 2 DÍAS	ENRIQUE MACIA ÁLVAREZ						
		3	HASTA 1 SEMANA							
SECCIÓN		4	PROGRAMADA							
TRABAJO REQUERIDO				PERSONA A CONSULTAR						
TIPO DE SERVICIO		CONTROL	DIARIO	OMAR HERRERA PEREZ						
SERVICIO		HACER MANTENIMIENTO A:								
SERVICIO		CALDERA								
EMPRESA		TRABAJOS			COMPONENTE DEL EQUIPO					
<ul style="list-style-type: none"> • Inspección completa a toda la sección de calderas • Revisión de tuberías y válvulas para observar presencia de fugas • Observar el funcionamiento de los siguientes elementos: (controles; bombas; motor) • Ciclo de funcionamiento del quemador • Purga diaria de la columna de agua (tener en cuenta protección por corte de bajo nivel) • Verificación de la temperatura de agua de alimentación (no debe acercarse a la temperatura de ebullición) • Verificación diaria de la presión • producción de vapor y/o consumo de combustible • presión y temperatura del vapor • Verificación diaria de la limpieza de: • Mallas a la entrada del aire de ventilador • Filtros de combustible • Área de la caldera y sus controles 					M	E	R			
								TIEMPO PREVISTO (Horas)		
								ACTIVIDAD		
								Preventivo	Montaje	Revisión
								AMPERAJE	VOLTAJE	
								ULTIMA REVISION DEL EQUIPO		
HERRAMIENTAS UTILIZADAS										
DESCRIPCION			CANTIDAD							
MATERIALES										
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL						
MANO DE OBRA										
TECNICO(S) ASIGNADOS										
INFORME Y OBSERVACIONES DEL TECNICO										
FIRMA DEL TECNICO:			REVISO:							
RECEPCION DEL TRABAJO										
FECHA: _____			FIRMA RECIBIO: _____							

MANTENIMIENTO SEMANAL

COOLECHERA Nit: 890.101.897-2			MANTENIMIENTO PREVENTIVO		SISTEMA		
					HACCP		
			CÓDIGO:		40MPF07		
CÓDIGO DE EQUIP.:			EQUIPO:		NUMERO DE HOJA:		1
SOLICITADO POR:			PRIORIDAD		PREPARADO POR		
FECHA:			1 INMEDIATA		MAURICIO PUERTAS CASTRO		
DEPARTAMENTO:			2 MÁXIMO 2 DÍAS		ENRIQUE MACIA ALVAREZ		
			3 HASTA 1 SEMANA				
SECCIÓN			4 PROGRAMADA				
TRABAJO REQUERIDO					PERSONA A CONSULTAR		
TIPO DE SERVICIO			CONTROL	SEMANAL		OMAR HERRERA PEREZ	
SERVICIO			HACER MANTENIMIENTO A:				
SERVICIO			CALDERA				
EMPRESA							
<p style="text-align: center;">TRABAJOS</p> <p>Para el programa de mantenimiento semanal debe hacerse el programa de mantenimiento diario incluyendo adicionalmente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Limpieza de la boquilla del quemador y del electrodo de encendido • Lubricación de motores y rodamientos • Inspección empaquetadura de bomba de alimentación de agua <p>Precaución al dejar la caldera fuera de servicio los fines de semana</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificación de la combustión, ajuste de relación aire combustible, nivel de ensuciamiento de los tubos.(humos en la chimenea, Temperatura de los gases, deposito de hollín, etc.) 					COMPONENTE DEL EQUIPO		
					M	E	R
					TIEMPO PREVISTO (Horas)		
					ACTIVIDAD		
					Preventivo	Montaje	Revisión
					AMPERAJE		VOLTAJE
					ULTIMA REVISION DEL EQUIPO		
HERRAMIENTAS UTILIZADAS							
DESCRIPCION				CANTIDAD			
MATERIALES							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO		VALOR TOTAL		
MANO DE OBRA							
TECNICO(S) ASIGNADOS							
INFORME Y OBSERVACIONES DEL TECNICO							
FIRMA DEL TECNICO:				REVISO:			
RECEPCION DEL TRABAJO							
FECHA: _____				FIRMA RECIBIO: _____			

MANTENIMIENTO MENSUAL

				SISTEMA			
COOLECHERA		MANTENIMIENTO PREVENTIVO		HACCP			
Nit: 890.101.897-2				CÓDIGO :	40MPF07		
CÓDIGO DE EQUIP.		EQUIPO:		NUMERO DE HOJA: 1			
SOLICITADO POR:		PRIORIDAD		PREPARADO POR			
FECHA:		1 INMEDIATA		MAURICIO PUERTAS CASTRO			
DEPARTAMENTO:		2 MÁXIMO 2 DÍAS		ENRIQUE MACIA ÁLVAREZ			
SECCIÓN		3 HASTA 1 SEMANA					
TRABAJO REQUERIDO		4 PROGRAMADA		PERSONA A CONSULTAR			
TIPO DE SERVICIO		CONTROL MENSUAL		OMAR HERRERA PEREZ			
SERVICIO		HACER MANTENIMIENTO A:		COMPONENTE DEL EQUIPO			
SERVICIO		CALDERA		M			
EMPRESA		TRABAJOS		E			
<ul style="list-style-type: none"> • Limpiar con cuidado el polvo de los controles eléctricos y revisar los contactos de los arrancadores. Verificar que el interruptor general este desconectado antes de hacer limpieza, mantenga siempre cerrada la puerta del gabinete de control a menos que se haga algún trabajo en los controles eléctricos. • Limpiar todos los filtros en líneas de combustibles, aire y /o vapor. Siempre que se limpie el filtro cerciorándose del estado de los mismos, el tipo de suciedad y la hermeticidad de las tapas o tapones. • Efectuar mantenimiento del sistema de alimentación de agua: <ol style="list-style-type: none"> a. Limpiar los filtros de agua de alimentación de la caldera. b. Limpiar el tanque de agua de alimentación de la caldera y alberca de retorno de condensado. Comprobar el funcionamiento de las válvulas de control de nivel. c. Revisar la bomba de alimentación, su lubricación, los empaques, ajustes de las conexiones. Los casquillos del empaque no se deben apretar demasiado. Debe haber siempre un ligero goteo de los casquillos. d. Lubricación o engrase de motores según sea necesario. 				R			
				TIEMPO PREVISTO (Horas)			
				ACTIVIDAD			
				Preventivo Montaje Revisión			
				AMPERAJE VOLTAJE			
				ULTIMA REVISION DEL EQUIPO			
				HERRAMIENTAS UTILIZADAS			
				DESCRIPCION		CANTIDAD	
				MATERIALES			
				DESCRIPCION		UNIDAD	
VALOR UNITARIO		VALOR TOTAL					
MANO DE OBRA							
TECNICO(S) ASIGNADOS							
INFORME Y OBSERVACIONES DEL TECNICO							
FIRMA DEL TECNICO:			REVISO:				
RECEPCION DEL TRABAJO							
FECHA: _____			FIRMA RECIBIO: _____				

COOLECHERA		MANTENIMIENTO PREVENTIVO		SISTEMA	
Nit: 890.101.897-2				HACCP	
				CÓDIGO :	40MPF07
CÓDIGO DE EQUIP.		EQUIPO:		NUMERO DE HOJA:	2
SOLICITADO POR:		PRIORIDAD		PREPARADO POR	
FECHA:		1	INMEDIATA	MAURICIO PUERTAS CASTRO	
DEPARTAMENTO:		2	MÁXIMO 2 DÍAS	ENRIQUE MACIA ÁLVAREZ	
		3	HASTA 1 SEMANA		
SECCIÓN		4	PROGRAMADA		
TRABAJO REQUERIDO				PERSONA A CONSULTAR	
TIPO DE SERVICIO		CONTROL	MENSUAL	OMAR HERRERA PEREZ	
SERVICIO		HACER MANTENIMIENTO A:		COMPONENTE DEL EQUIPO	
SERVICIO		CALDERA		M	E
EMPRESA				R	
TRABAJOS					
e. Verificar el alineamiento de la bomba de alimentación con su motor por medio de un indicador de carátula. Si la bomba se ha desalineado, causa vibraciones y posibles daños en acople y rodamiento.				TIEMPO PREVISTO (Horas)	
• Efectuar mantenimiento del sistema de combustión:				ACTIVIDAD	
a. Desmontar y limpiar el conjunto del quemador.					
b. Desmontar el conjunto de la boquilla. No se debe limpiar la boquilla con instrumentos el metálicos. Revisar el empaque de caucho interior de la boquilla y reemplazarlo si esta desgastado. Si usa papel de lija, éste debe ser de grano fino.				Preventivo Montaje Revisión	
c. Revisar el electrodo del sistema de encendido y verificar que la apertura es correcta, limpiar el conjunto y revisar el aislamiento para ver si no esta roto					
d. Verificar el estado de la cámara de combustión y refractarios.				AMPERAJE VOLTAJE	
e. Puede ser que requiera una limpieza más frecuente, dependiendo de las condiciones locales.					
• Verificar los tornillos de anclaje de los motores y bombas				ULTIMA REVISION DEL EQUIPO	
Verificar el estado de todas las trampas de vapor. Las trampas defectuosas ocasionan bloqueos en el sistema					
HERRAMIENTAS UTILIZADAS					
DESCRIPCION			CANTIDAD		
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	
MANO DE OBRA					
TECNICO(S) ASIGNADOS					
INFORME Y OBSERVACIONES DEL TECNICO					
FIRMA DEL TECNICO:			REVISO:		
RECEPCION DEL TRABAJO					
FECHA: _____			FIRMA RECIBIO: _____		

					SISTEMA		
COOLECHERA			MANTENIMIENTO PREVENTIVO		HACCP		
Nit: 890.101.897-2					CÓDIGO :	40MPF07	
					NUMERO DE HOJA:	3	
CÓDIGO DE EQUIP.			EQUIPO:				
SOLICITADO POR:			PRIORIDAD		PREPARADO POR		
FECHA:			1	INMEDIATA	MAURICIO PUERTAS CASTRO		
DEPARTAMENTO:			2	MÁXIMO 2 DÍAS	ENRIQUE MACIA ÁLVAREZ		
			3	HASTA 1 SEMANA			
SECCIÓN			4	PROGRAMADA			
TRABAJO REQUERIDO					PERSONA A CONSULTAR		
TIPO DE SERVICIO		CONTROL	MENSUAL		OMAR HERRERA PEREZ		
SERVICIO			HACER MANTENIMIENTO A:				
SERVICIO			CALDERA		COMPONENTE DEL EQUIPO		
EMPRESA					M	E	R
TRABAJOS							
<ul style="list-style-type: none"> Efectuar una limpieza cuidadosa de la columna de agua. Remover los rapones inferiores bajo la columna de agua y limpiar el sedimento que pueda haber en el tubo que entra en la caldera. Esto solo se podrá hacer cuando la caldera esté fría y el nivel de agua de la caldera debajo de la conexión Limpiar la malla de entrada de aire al ventilador Verificar todos los acoples y motores Verificar todas las válvulas y grifos. Rectificar los asientos de las válvulas y cambiar los empaques donde sea necesario Verificar todos los enclavamientos de protección en el programado 					TIEMPO PREVISTO (Horas)		
					ACTIVIDAD		
					Preventivo	Montaje	Revisión
					AMPERAJE	VOLTAJE	
					ULTIMA REVISION DEL EQUIPO		
HERRAMIENTAS UTILIZADAS							
DESCRIPCION				CANTIDAD			
MATERIALES							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL			
MANO DE OBRA							
TECNICO(S) ASIGNADOS							
INFORME Y OBSERVACIONES DEL TECNICO							
FIRMA DEL TECNICO:			REVISO:				
RECEPCION DEL TRABAJO							
FECHA: _____			FIRMA RECIBIO: _____				

MANTENIMIENTO SEMESTRAL

COOLECHERA			MANTENIMIENTO PREVENTIVO		SISTEMA				
Nit: 890.101.897-2					HACCP				
					CÓDIGO : 40MPF07				
CÓDIGO DE EQUIP.		EQUIPO:		NUMERO DE HOJA:	1				
SOLICITADO POR:		PRIORIDAD		PREPARADO POR					
FECHA:		1	INMEDIATA	MAURICIO PUERTAS CASTRO					
DEPARTAMENTO:		2	MÁXIMO 2 DÍAS	ENRIQUE MACIA ÁLVAREZ					
		3	HASTA 1 SEMANA						
SECCIÓN		4	PROGRAMADA						
TRABAJO REQUERIDO				PERSONA A CONSULTAR					
TIPO DE SERVICIO		CONTROL	SEMESTRAL	OMAR HERRERA PEREZ					
SERVICIO		HACER MANTENIMIENTO A:		COMPONENTE DEL EQUIPO					
SERVICIO		CALDERA		M	E				
EMPRESA				R					
TRABAJOS				TIEMPO PREVISTO (Horas)					
<p>Para el programa de mantenimiento semestral debe hacerse el programa de mantenimiento mensual incluyendo adicionalmente</p> <ul style="list-style-type: none"> · Revisar el lado el lado del agua de la caldera. Una vez la caldera este fría se debe drenar por completo, abrir las tapas de inspección de mano y la tapa de inspección de hombre y lavar bien con agua a presión, verificando que toda la incrustación y Sedimentos sean removidos del interior de la caldera. · Después de lavar la caldera, se debe examinar con cuidado las superficies de evaporación, para ver si hay indicios de corrosión, picadura o incrustación. Cualquier indicio de estas condiciones denota la necesidad de dar mejor tratamiento de agua ala caldera. Deberán seguirse al pie de la letra las indicaciones del analista químico respecto al tratamiento del agua de alimentación. · Utilizar empaques nuevos al volver a colocar las tapas de inspección de mano y la tapa de inspección de hombre. Antes de colocar los empaques, limpiar los residuos de las juntas viejas, los asientos de las tapas y el interior de la caldera. Aplique grafito en polvo a las juntas para facilitar su cambio la próxima vez que se destape la caldera. 				ACTIVIDAD					
				Preventivo		Montaje	Revisión		
				AMPERAJE		VOLTAJE			
HERRAMIENTAS UTILIZADAS				ULTIMA REVISION DEL EQUIPO					
DESCRIPCION			CANTIDAD						
MATERIALES									
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL					
MANO DE OBRA									
TECNICO(S) ASIGNADOS									
INFORME Y OBSERVACIONES DEL TECNICO									
FIRMA DEL TECNICO:			REVISO:						
RECEPCION DEL TRABAJO									
FECHA: _____			FIRMA RECIBIO: _____						

COOLECHERA			MANTENIMIENTO PREVENTIVO		SISTEMA					
Nít: 890.101.897-2					HACCP					
			CÓDIGO :		40MPF07					
CÓDIGO DE EQUIP.			EQUIPO:		NUMERO DE HOJA: 2					
SOLICITADO POR:			PRIORIDAD		PREPARADO POR					
FECHA:			1 INMEDIATA		MAURICIO PUERTAS CASTRO					
DEPARTAMENTO:			2 MÁXIMO 2 DÍAS		ENRIQUE MACIA ÁLVAREZ					
			3 HASTA 1 SEMANA							
SECCIÓN			4 PROGRAMADA							
TRABAJO REQUERIDO					PERSONA A CONSULTAR					
TIPO DE SERVICIO			CONTROL SEMESTRAL		OMAR HERRERA PEREZ					
SERVICIO			HACER MANTENIMIENTO A:		COMPONENTE DEL EQUIPO					
SERVICIO			CALDERA		M					
EMPRESA					E		R			
<p style="text-align: center;">TRABAJOS</p> <ul style="list-style-type: none"> Limpiar el lado de fuego de los tubos, la eficiencia de la caldera depende en gran parte de una superficie limpia de los tubos. El hollín actúa como aislador y evita la absorción del calor. Los tubos deben limpiarse adicionalmente cuando lo indique la alta temperatura de la chimenea o la baja producción de vapor. Al llenar la caldera, para volver a poner la caldera en servicio, se debe verificar la hermeticidad de las tapas de inspección de acceso, apretándolas con una llave a medida que caliente la caldera y suba la presión. Verificar el funcionamiento de las válvulas de seguridad, esta debe someterse a pruebas periódicas para verificar su estado y asegurar su operación cuando sean requeridas. 					TIEMPO PREVISTO (Horas)					
					ACTIVIDAD					
					Preventivo		Montaje		Revisión	
					AMPERAJE		VOLTAJE			
					ULTIMA REVISION DEL EQUIPO					
HERRAMIENTAS UTILIZADAS										
DESCRIPCION				CANTIDAD						
MATERIALES										
DESCRIPCION		UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO		VALOR TOTAL				
MANO DE OBRA										
TECNICO(S) ASIGNADOS										
INFORME Y OBSERVACIONES DEL TECNICO										
FIRMA DEL TECNICO:				REVISO:						
RECEPCION DEL TRABAJO										
FECHA: _____				FIRMA RECIBIO: _____						

MANTENIMIENTO ANUAL

COOLECHERA			MANTENIMIENTO PREVENTIVO		SISTEMA				
Nit: 890.101.897-2					HACCP				
			CÓDIGO :		40MPF07				
CÓDIGO DE EQUIP.		EQUIPO:			NUMERO DE HOJA:		1		
SOLICITADO POR:		PRIORIDAD			PREPARADO POR				
FECHA:		1	INMEDIATA		MAURICIO PUERTAS CASTRO				
DEPARTAMENTO:		2	MÁXIMO 2 DÍAS		ENRIQUE MACIA ÁLVAREZ				
		3	HASTA 1 SEMANA						
SECCIÓN		4	PROGRAMADA						
TRABAJO REQUERIDO					PERSONA A CONSULTAR				
TIPO DE SERVICIO		CONTROL	ANUAL		OMAR HERRERA PEREZ				
SERVICIO		HACER MANTENIMIENTO A:					COMPONENTE DEL EQUIPO		
SERVICIO		CALDERA					M	E	R
EMPRESA									
TRABAJOS									
El programa de mantenimiento anual incluye los puntos de chequeo del programa de mantenimiento semestral.					TIEMPO PREVISTO (Horas)				
<ul style="list-style-type: none"> • Si hay facilidad de revisar los motores, se debe proceder a su mantenimiento, hecho únicamente por personal especializado y si es necesario desmontarlos y trasladarlo a un taller de confianza. El mantenimiento debe incluir desarme de los motores para limpieza completa y prueba de los aislamientos. Las bobinas deben ser sopladas con aire comprimido. Cualquier depósito de aceite o grasa en las bobinas debe ser quitado y éstas limpiadas perfectamente con solvente, teniendo cuidado de no empaparlas • De acuerdo con los análisis del analista químico, y de observaciones de formación de espuma y oleaje en la superficie se debe determinar si se requiere una limpieza química de la caldera (Hervido) 					ACTIVIDAD				
					Preventivo	Montaje	Revisión		
					AMPERAJE		VOLTAJE		
					ULTIMA REVISION DEL EQUIPO				
HERRAMIENTAS UTILIZADAS									
DESCRIPCION					CANTIDAD				
MATERIALES									
DESCRIPCION		UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO		VALOR TOTAL			
MANO DE OBRA									
TECNICO(S) ASIGNADOS									
INFORME Y OBSERVACIONES DEL TECNICO									
FIRMA DEL TECNICO:					REVISO:				
RECEPCION DEL TRABAJO									
FECHA: _____					FIRMA RECIBIO: _____				

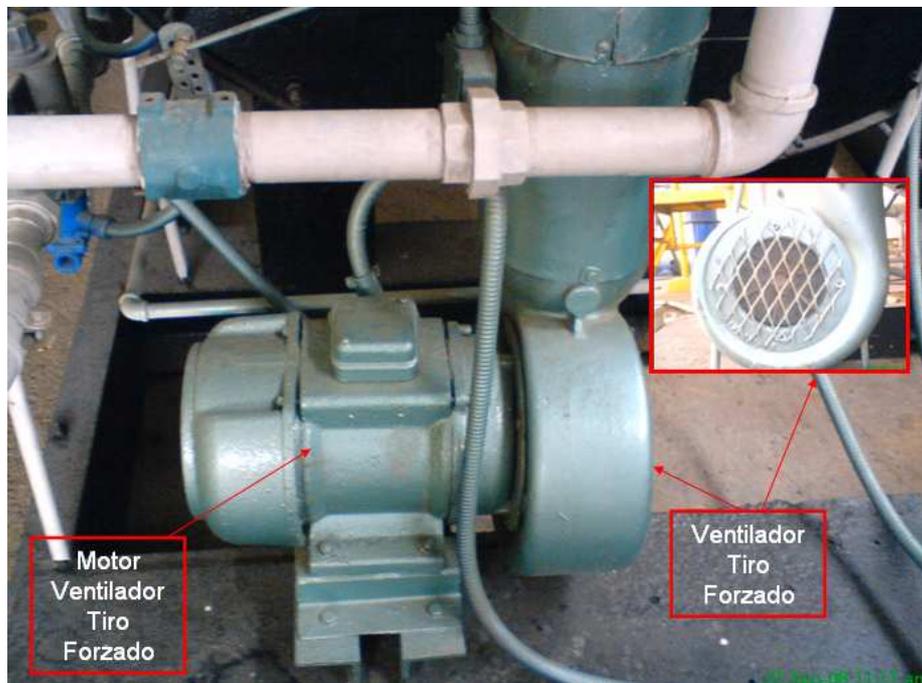
ANEXO C

IMÁGENES DE LA SECCIÓN DE CALDERAS

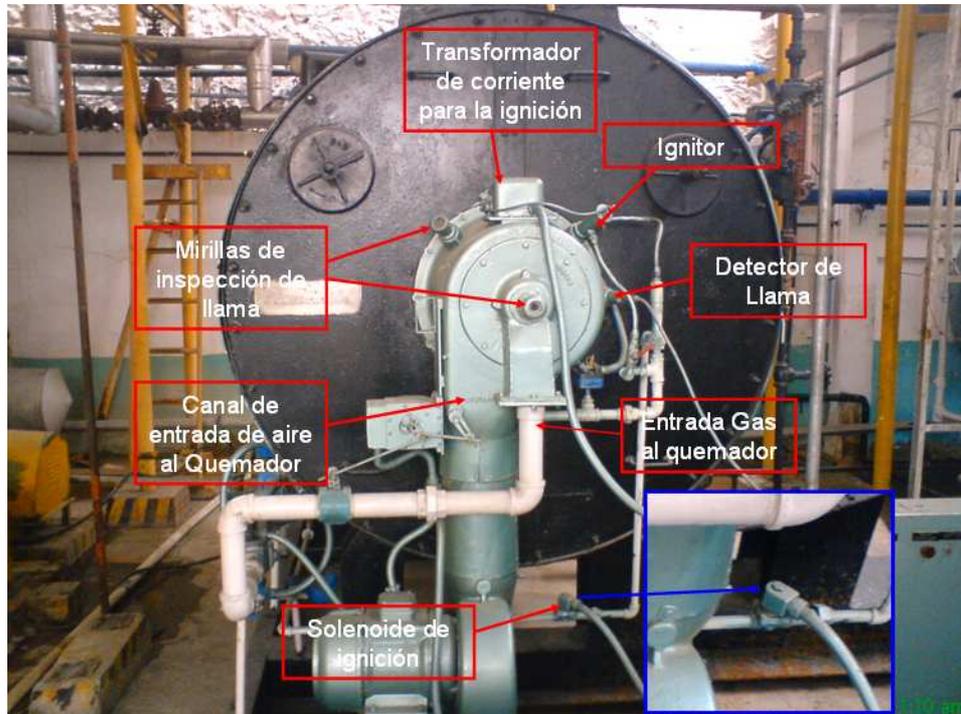
ANEXOS



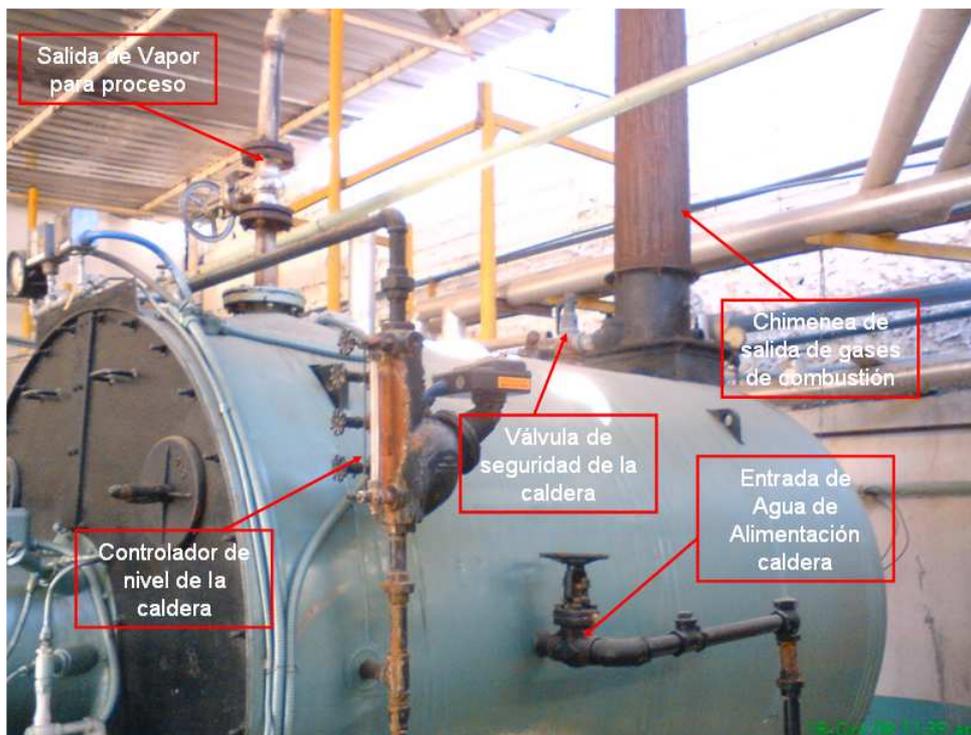
Anexo 1C



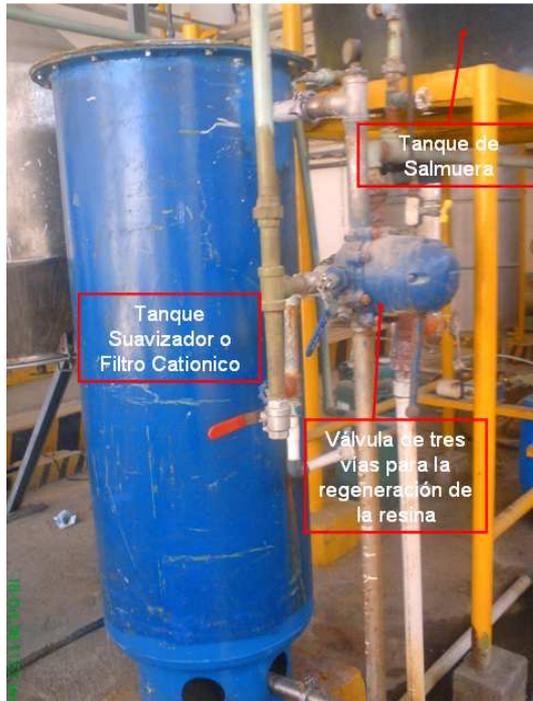
Anexo 2C



Anexo 3C



Anexo 4C



Anexo 5C



Anexo 6C



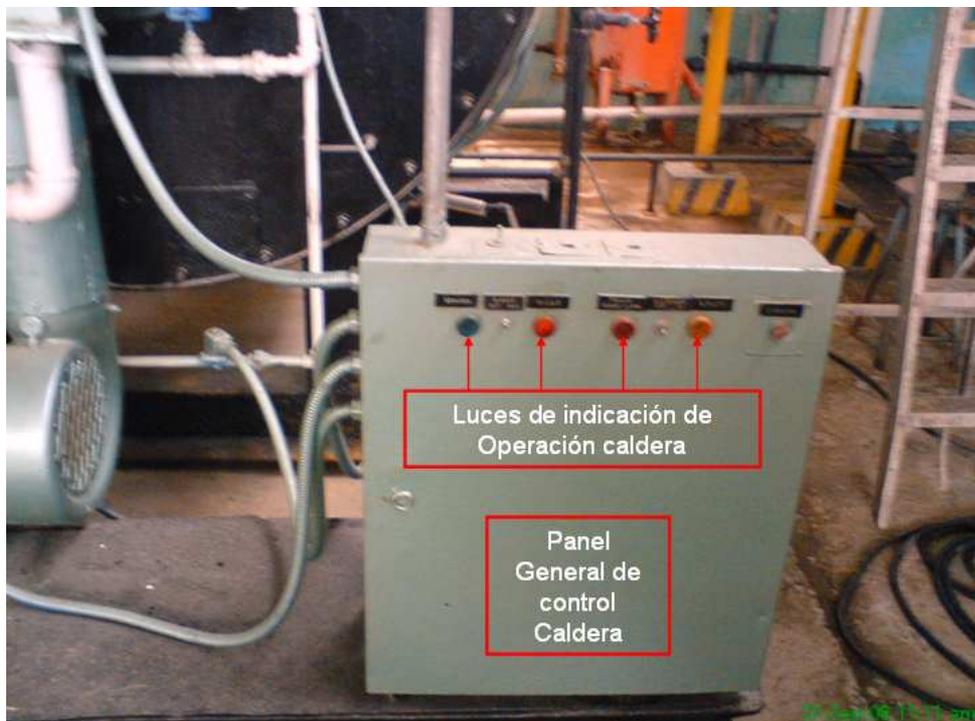
Anexo 7C



Anexo 8C



Anexo 9C



Anexo 10C



Anexo 11C



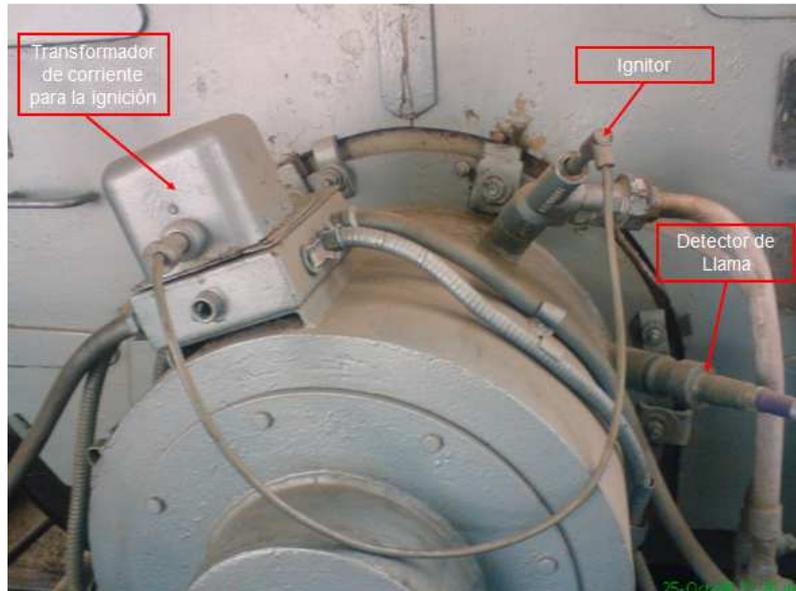
Anexo 12C



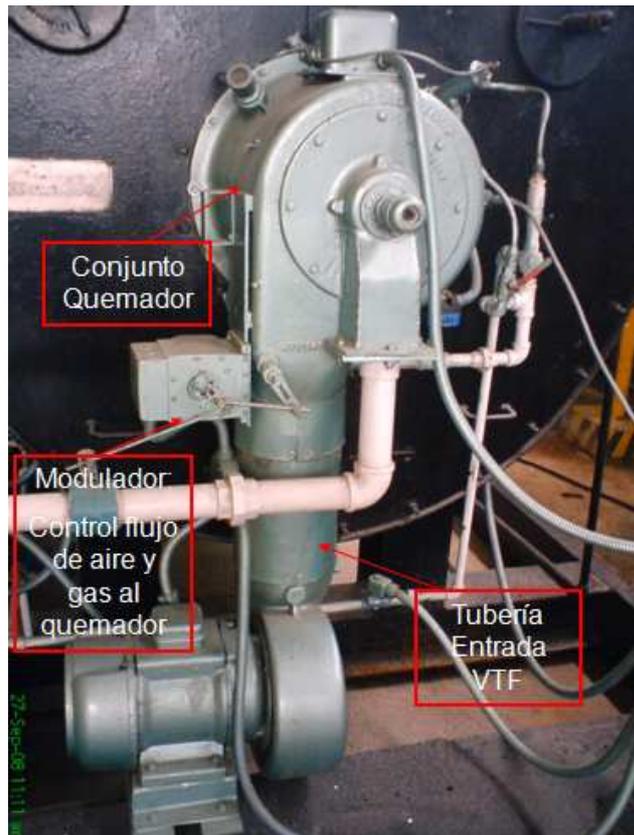
Anexo 13C



Anexo 14C



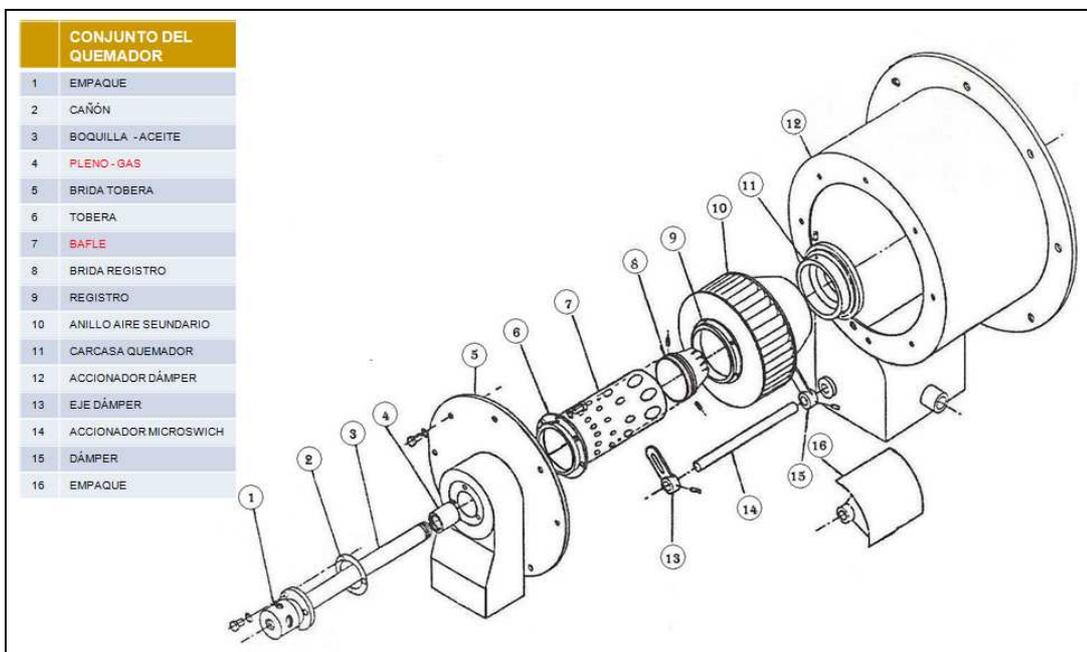
Anexo 15C



Anexo 16C



Anexo 17C



Anexo 18C

ANEXO D

FORMATO DEL HISTÓRICO DE MANTENIMIENTO

