



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

**DISEÑO EN MANTENIMIENTO DE CALDERA PIROTUBULAR Y MAQUINADO,
PARA LA DISMINUCIÓN DE TIEMPOS EN LAS ESTACIONES DE TRABAJO EN
UNA LINEA DE PRODUCCIÓN DE TEXTILES EN LA EMPRESA INPROTEX**

Roberto David Olvida Osorio

Asesorado por el Ing. Edwin Josué Ixpata Reyes

Guatemala, junio de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO EN MANTENIMIENTO DE CALDERA PIROTUBULAR Y MAQUINADO,
PARA LA DISMINUCIÓN DE TIEMPOS EN LAS ESTACIONES DE TRABAJO EN
UNA LINEA DE PRODUCCIÓN DE TEXTILES EN LA EMPRESA INPROTEX**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ROBERTO DAVID OLIVA OSORIO
ASESORADO POR EL ING. EDWIN JOSUÉ IXPATA REYES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECANICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, JUNIO DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Julio Oswaldo Rojas Argueta
EXAMINADORA	Inga. Alba Marita Guerrero Spinola de López
EXAMINADOR	Ing. Alex Suntecún Castellanos
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO EN MANTENIMIENTO DE CALDERA PIROTUBULAR Y MAQUINADO,
PARA LA DISMINUCIÓN DE TIEMPOS EN LAS ESTACIONES DE TRABAJO EN
UNA LINEA DE PRODUCCIÓN DE TEXTILES EN LA EMPRESA INPROTEX**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 31 de febrero de 2017.

Roberto David Oliva Osorio

Guatemala, noviembre de 2019

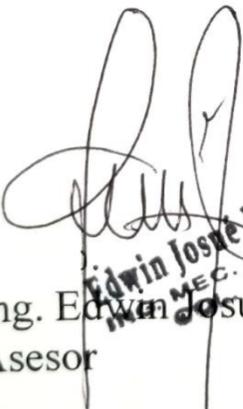
Señor Ingeniero:

Cesar Ernesto Urquizú Rodas

Director de EMI.

Con un cordial saludo me dirijo a usted Ing. Urquizú Rodas para hacer constar que el estudiante **Roberto David Oliva Osorio** con no. De carnet **201213324** ha finalizado su trabajo de graduación titulado "**DISEÑO EN MANTENIMIENTO DE CALDERA PIROTUBULAR Y MAQUINADO, PARA LA DISMINUCIÓN DE TEIMPOS EN LA ESTACION DE TRABAJO EN UNA LINEA DE PRODUCCIÓN DE TEXTILES EN LA EMPRESA INPROTEX**" en el cual he tenido la oportunidad de asesorar para lo cual indico que he revisado en su totalidad dicho documento.

Atentamente



Ing. Edwin Josué Ixpata Reyes
Asesor

MEC. INDUSTRIAL
No. 7128



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

REF.REV.EMI.068.020

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO EN MANTENIMIENTO DE CALDERA PIROTUBULAR Y MAQUINADO, PARA LA DISMINUCIÓN DE TIEMPOS EN LAS ESTACIONES DE TRABAJO EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE TEXTILES EN LA EMPRESA INPROTEX**, presentado por el estudiante universitario **Roberto David Oliva Osorio**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Julio O. Rojas Argueta
Ingeniero Mecánico Industrial
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, octubre de 2020.

/mgp



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

REF.DIR.EMI.045.021

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **DISEÑO EN MANTENIMIENTO DE CALDERA PIROTUBULAR Y MAQUINADO, PARA LA DISMINUCIÓN DE TIEMPOS EN LAS ESTACIONES DE TRABAJO EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE TEXTILES EN LA EMPRESA INPROTEX**, presentado por el estudiante universitario **Roberto David Oliva Osorio**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Firmada digitalmente por Cesar Ernesto Urquizu Rodas
Motivo: Ingeniero Industrial
Ubicación: Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería
Mecánica Industrial, USAC
Colegiado 4,272

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, mayo de 2021.
/mgp

DTG. 238.2021

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO EN MANTENIMIENTO DE CALDERA PIROTUBULAR Y MAQUINADO, PARA LA DISMINUCIÓN DE TIEMPOS EN LAS ESTACIONES DE TRABAJO EN UNA LINEA DE PRODUCCIÓN DE TEXTILES EN LA EMPRESA INPROTEX,** presentado por el estudiante universitario: **Roberto David Olvida Osorio,** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada

Decana

Guatemala, junio de 2021.

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por permitirme llegar a esta etapa de mi vida y llenarme de bendiciones.
Mis padres	Por apoyarme incondicionalmente en todo momento de la carrera.
Mis hermanos	Quienes me animaron para continuar en todo momento.
Mi novia	Quien me dio el último impulso para culminar con este logro.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por ser una importante influencia en mi carrera, entre otras cosas.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por abrirme sus puertas y compartir sus enseñanzas en el transcurso de la carrera de Ingeniería Mecánica Industrial.
Facultad de Ingeniería	Por darme una buena formación académica y profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XI
LISTA DE SÍMBOLOS	XV
GLOSARIO	XVII
RESUMEN.....	XXIII
OBJETIVOS.....	XXV
INTRODUCCIÓN	XXVII
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Historia de Inprotex	1
1.2. Información general.....	1
1.2.1. Ubicación.....	1
1.2.2. Misión	1
1.2.3. Visión.....	2
1.3. Tipo de organización	2
1.3.1. Organigrama.....	2
1.3.2. Puestos financieros	3
1.3.3. Valores	4
1.4. Diseño en mantenimiento	5
1.4.1. Definición.....	5
1.4.2. Características.....	5
1.5. Tipos de mantenimiento	6
1.5.1. Regresivo.....	6
1.5.2. Reactivo.....	6
1.5.3. Preventivo.....	7
1.5.4. Predictivo	9

1.5.5.	Proactivo	12
1.5.6.	Plan de mantenimiento.....	12
1.6.	Tipos de combustibles.....	14
1.6.1.	Bunker.....	14
1.6.2.	Carbón.....	15
1.6.3.	Diésel	16
1.6.4.	GLP (gas licuado del petróleo)	17
1.7.	Tipos de recubrimiento en tubería para caldera	18
1.7.1.	Exterior	18
1.8.	Tipos de calderas	19
1.8.1.	Pirotubular	20
1.8.2.	Verticales.....	21
1.8.3.	Con tubos	22
1.8.4.	Sin tubos	22
1.8.5.	Horizontales	23
1.9.	Acuotubular	23
1.10.	Tipos de maquinados	25
1.10.1.	Descripción.....	25
1.10.2.	Condiciones de corte.....	25
1.10.3.	Tipos de herramientas.....	26
1.10.4.	Partes de la herramienta	27
1.11.	Reducción de tiempos.....	28
1.11.1.	Diagrama bimanual	28
1.12.	Elementos que atrasan la producción	30
1.12.1.	Tiempos muertos.....	31
1.12.2.	Tiempos de ocio	31
1.12.3.	Tiempo estándar	31
1.12.4.	Ergonomía.....	32
1.13.	Tipos de vapor	33

1.13.1.	Saturado	33
1.13.2.	Seco	34
1.13.3.	Húmedo	34
1.13.4.	Sobrecalentado.....	35
2.	SITUACIÓN ACTUAL.....	37
2.1.	Departamento de mantenimiento	37
2.1.1.	Distribución y maquinaria	37
2.1.2.	Caldera pirotubular	38
2.1.3.	Compresor.....	39
2.1.4.	Planchas industriales.....	39
2.1.5.	Maquinado.....	40
2.1.6.	Remalladora overlock	41
2.1.7.	Plana de tres agujas	41
2.1.8.	Puntada cadeneta.....	41
2.1.9.	Máquina de ojal	41
2.1.10.	Máquina para costura Interlock.....	41
2.2.	Historial de mantenimiento	41
2.2.1.	Manuales de mantenimiento.....	42
2.2.2.	Tiempo entre servicio de la maquinaria	42
2.2.3.	Gastos por fallas inesperadas	43
2.2.4.	Stocks en bodega	43
2.2.5.	Tiempo de uso en línea de producción.....	43
2.3.	Descripción de equipo	43
2.3.1.	Tipo de combustible usados actualmente.....	44
2.3.2.	Tipo de lubricante usado actualmente	44
2.3.3.	Tipo de tubería.....	44
2.3.4.	Recubrimiento que posee la tubería	44
2.3.5.	Ubicación de la caldera	44

2.3.6.	Diagrama de distribución.....	45
2.4.	Tiempo de uso de la caldera	45
2.4.1.	Tipo de mantenimiento actual de la caldera.	46
2.4.2.	Descripción del proceso	46
2.4.3.	Arranque de la caldera	46
2.4.4.	Tipo de agua utilizada en la caldera.	47
2.4.5.	Cantidad de aire suministrado.....	47
2.4.6.	Tiempo de funcionamiento	47
2.4.7.	Apagado de la caldera	47
2.5.	Análisis de diseño	48
2.5.1.	Factores que involucran fallas.....	48
2.5.2.	Montaje de equipo.....	48
2.6.	Mantenimiento actual al equipo.....	49
2.6.1.	Caldera.....	49
2.6.2.	Compresor.....	49
2.6.3.	Maquinado.....	49
2.6.4.	Bomba de agua	50
2.6.5.	Tuberías	50
2.6.6.	Sistema eléctrico	50
2.6.7.	Quemadores.....	50
2.7.	Rendimiento actual.....	50
2.7.1.	Tiempo muerto en maquinaria.....	51
2.7.2.	Carga de vapor.....	51
2.7.3.	Velocidad del vapor	52
2.7.4.	Calidad de vapor	53
2.8.	Seguridad en área de mantenimiento	53
2.8.1.	Señalización de tuberías	53
2.8.2.	Señalización áreas de trabajo y maquinaria.....	53
2.9.	Análisis de seguimiento.....	54

3.	PROPUESTA PARA REALIZAR EL DISEÑO EN MANTENIMIENTO ..	57
3.1.	Departamento de Mantenimiento	57
3.1.1.	Tipo de caldera	57
3.1.2.	Quemadores	58
3.1.3.	Función de controles	59
3.1.4.	Controles comunes.....	60
3.1.5.	Controles de vapor	61
3.1.6.	Controles de agua	63
3.1.7.	Control de alimentación de combustible	64
3.1.8.	Control de aceite.....	67
3.2.	Agua de alimentación	70
3.3.	Interior de la caldera	71
3.3.1.	Tratamiento y acondicionamiento del agua	75
3.4.	Diseño de mantenimiento	77
3.4.1.	Importancia.....	78
3.4.2.	Mantenimiento proactivo.....	79
3.4.3.	Cargas de vapor más limpias	80
3.4.4.	Vida prolongada de maquinaria	81
3.4.5.	Disminución de tiempos en estaciones de trabajo..	82
3.5.	Constancia en el mantenimiento de maquinaria.....	82
3.6.	Limpieza de tuberías trimestral.....	86
3.6.1.	Limpieza superficial internas.....	86
3.6.2.	Depósitos.....	87
3.6.3.	Prevención de lodo	87
3.6.4.	Prevención de corrosión	87
3.6.5.	Grietas en el acero	87
3.7.	Corrección de maquinado.....	88
3.7.1.	Cambio de agujas.....	88
3.7.2.	Lubricación al mecanismo	89

3.8.	Correcciones en el manual sobre el mantenimiento de maquinaria	89
3.8.1.	Máquinas de coser	90
3.8.2.	Planchas de vapor.....	91
3.8.3.	Caldera.....	91
3.9.	Aceites adecuados para maquinaria	93
3.9.1.	Máquinas de coser	93
3.9.2.	Caldera.....	94
3.9.3.	Compresor.....	95
3.10.	Costos propuestos	97
3.10.1.	Implementación de la propuesta	97
3.10.2.	Mantenimiento de la propuesta	97
3.11.	Combustible	99
3.11.1.	Bunker.....	100
3.11.2.	Aceite SAE 20 W (Sociedad de Ingenieros Automotores).....	100
3.12.	Vapor utilizado	101
3.12.1.	Cálida de vapor	101
3.13.	Velocidad de vapor.....	102
3.13.1.	Carga de vapor.....	103
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA	105
4.1.	Plan de acción.....	105
4.1.1.	Implementación de diseño.....	106
4.1.2.	Caldera por utilizar	106
4.1.3.	Mantenimiento del quemador y sistema de control.....	107
4.1.4.	Función de los controles para calderas pirotubulares.....	110

	4.1.4.1.	Vapor	112
	4.1.5.	Capacitación para limpieza de tuberías	114
	4.1.6.	Limpieza interior	114
	4.1.7.	Limpieza exterior	115
	4.1.8.	Purga de la caldera.....	116
4.2.		Suministro para caldera.....	117
	4.2.1.	Sistema de alimentación.....	117
	4.2.2.	Bombas de alimentación	120
	4.2.3.	Válvulas de retención	121
	4.2.4.	Medidores de presión	122
4.3.		Control de nivel y seguridad	124
	4.3.1.	Regulador electrónico de nivel.....	125
	4.3.2.	Visor de nivel	126
4.4.		Válvula de seguridad	128
4.5.		Cuadro eléctrico	129
4.6.		Regulador de temperatura.....	130
	4.6.1.	Regulador eléctrico.....	130
	4.6.2.	Interruptor general y diferencia.....	131
	4.6.3.	Temporalizado.....	131
4.7.		Nuevo manual de mantenimiento	131
	4.7.1.	Especificaciones	131
	4.7.2.	Cronograma de mantenimiento	132
	4.7.3.	Tratamiento de agua.....	135
4.8.		Limpieza de caldera pirotubular.....	137
4.9.		Lavado inicial de unidad nueva	139
	4.9.1.	Lavado a presión de caldera.....	142
	4.9.2.	Purga de agua	142
	4.9.3.	Inspección periódica	144
4.10.		Mejora para combustión	145

4.10.1.	Tipo de combustible	145
4.11.	Cantidad de aire para la combustión.....	146
4.12.	Tipo de quemador	147
4.13.	Ignición automática	148
4.14.	Flujo de gas combustible.....	149
4.15.	Caudal de agua necesario	150
4.16.	Lubricantes.....	152
4.17.	Control para aceite liviano.....	152
4.18.	Control para aceite pesado	155
4.18.1.	Cantidad necesaria de aceite	156
4.18.2.	Flujo de aceite combustible	156
4.19.	Eficiencia de la maquinaria	157
4.19.1.	Disminución de espuma	157
4.20.	Porcentaje de vapor producido con el mantenimiento adecuado	159
4.21.	Carga de vapor	160
4.22.	Calidad de vapor	161
4.23.	Costos de la aplicación	161
4.23.1.	Repuestos de maquinaria.....	161
4.23.2.	Manuales para maquinaria	162
4.23.3.	Stock de maquinaria.....	162
4.24.	Departamento responsable	162
4.24.1.	Gerencia general.....	163
4.24.2.	Departamento de Mantenimiento	163
4.24.3.	Área de Producción.....	164
5.	SEGUIMIENTO O MEJORA	167
5.1.	Resultados obtenidos.....	167
5.1.1.	Interpretación	167

5.2.	Aplicación	169
5.2.1.	Ajustes y control que deben realizarse	169
5.2.2.	Control de las válvulas de seguridad	170
5.2.3.	Control del nivel de agua	171
5.2.4.	Sistema de alarma de nivel bajo de agua de la caldera.....	172
5.2.5.	Sistema de alimentación de agua de la caldera ...	173
5.3.	Ventajas y beneficios.....	174
5.3.1.	Beneficios de aplicación	174
5.3.2.	Control de espuma	175
5.3.3.	Control de la alimentación de la caldera	176
5.3.4.	Presión de vapor.....	177
5.4.	Sistema de purgas.....	179
5.5.	Acciones correctivas.....	180
5.5.1.	Seguimiento al mantenimiento.....	180
5.5.2.	Vigilancia indirecta de la caldera	181
5.5.3.	Comprobaciones.....	181
5.5.4.	Control de condensado.....	181
5.5.5.	Estadísticas	182
5.5.6.	Mensualmente	182
5.5.7.	Semestral.....	182
5.5.8.	Anual	183
5.6.	Cumplimiento con las normas establecidas.....	184
5.6.1.	Normas de seguridad	184
5.6.2.	Normas para la inspección y el mantenimiento de la caldera pirotubular	184
5.6.3.	Válvulas de seguridad	185
5.6.4.	Bomba de agua de alimentación	186
5.6.5.	Arranque de la caldera pirotubular.....	187

5.6.6.	Paro de la caldera	188
5.6.7.	Vaciado de agua	188
5.7.	Comparación de productividad con años anteriores	189
5.7.1.	Eficiencia en maquinaria	189
5.8.	Auditorías	190
5.8.1.	Externas	190
5.8.2.	Internas	191
5.9.	Estadístico.....	194
5.9.1.	Eficiencia.....	194
5.9.2.	Reducción de costos	195
5.9.3.	Cronograma de mantenimiento	196
5.10.	Beneficio costo.....	197
5.11.	Antes de la implementación	198
5.11.1.	Después de la implementación	199
CONCLUSIONES.....		201
RECOMENDACIONES		205
BIBLIOGRAFÍA.....		207
APÉNDICES.....		209
ANEXOS.....		215

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama de la empresa.....	2
2.	Caldera pirotubular.....	38
3.	Compresor	39
4.	Planchas industriales	40
5.	Diagrama de distribución.....	45
6.	Capacidad de circulación para tamaño de caldera	95
7.	Modelo operativo, el sistema operativo de monitoreo de condiciones y sistemas de información de mantenimiento (kunnossapitoyhdisys ry, 2004,36)	99
8.	Bomba de agua.....	121
9.	Caldera	123
10.	Control de encendido y apagado	126
11.	Visor de nivel.....	127
12.	Caldera con todos sus controles de seguridad	128
13.	Cuadro eléctrico	129
14.	Cálculo de carga	146
15.	Cálculo de vapor	160
16.	Carga de vapor	160
17.	Producción de vapor sobrecalentado - comparación de valores medidos y de simulación	169
18.	álvulas de sobre explotación utilizadas como dispositivos de eliminación de carga	178
19.	Eficiencia simulada contra la eficiencia actual	190

TABLAS

I.	Categorización de actividades	29
II.	Actividad de alta prioridad.....	55
III.	Cronograma mantenimiento quemadores.....	59
IV.	Mantenimiento de controles	60
V.	Mantenimiento controles comunes	60
VI.	Capacidad máxima de circulación en función de tamaño caldera	71
VII.	Control de aceite (A)	82
VIII.	Control de agua (A).....	83
IX.	Control de alimentación de combustible (A)	83
X.	Control de aceite (B)	83
XI.	Control de agua (B).....	84
XII.	Control de alimentación de combustible (B)	84
XIII.	Control de aceite (C).....	84
XIV.	Control de agua (C)	85
XV.	Control de alimentación de combustible (C)	85
XVI.	Cronograma mantenimiento preventivo limpieza de tuberías por mes	88
XVII.	Cronograma de mantenimiento maquinado.....	89
XVIII.	Mantenimiento preventivo por operario.....	90
XIX.	Uso de vaporizador.....	91
XX.	Mantenimiento de la propuesta.....	98
XXI.	Área de parrilla activa	99
XXII.	Cronograma de mantenimiento caldera.....	107
XXIII.	Sistema de alimentación.....	119
XXIV.	Inspección diaria	132
XXV.	Caudal de agua necesario	151
XXVI.	Propiedades del agua necesarias para disminución de espuma	159

XXVII.	Cronograma de mantenimiento	196
XXVIII.	Consumo promedio para caldera	197
XXIX.	Proyección anual de consumo de bunker	199
XXX.	Proyección de consumo de combustible anual en caldera actual	200

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
BHP	<i>Boiler horse power</i>
BTU	<i>British thermal unit, unidad de cantidad caloric</i>
KV	Kilovoltio
KVA	Kilovolt-amperios
KW	Kilowatts
Kwh	Kilowatt-hora
MVA	Mega voltamperio
MW	Mega watt
NiCd	Níquel-cadmio
PSI	<i>Pounds-force per square inch, presión en libras por pulgada cuadrada</i>
NaS	Sodio-sulfuro
VA	Voltamperio
VAH	Voltamperio hora
VARH	Volt-amperio reactivo hora
W	Watts
WH	Watt-hora

GLOSARIO

Adiabático	En termodinámica es aquel que se produce sin intercambio de calor con el exterior
Agua blanda	Es agua tratada que no posee dureza.
Agua destilada	Es aquella a la que se le han eliminado las impurezas e iones mediante destilación.
Alcalinidad	Capacidad ácido neutralizante de una sustancia química en solución acuosa.
Bunker	Es un combustible residual que se obtiene de la destilación y refinación de los hidrocarburos.
Caldera	Máquina que está diseñada para generar vapor.
Caldera acuatubular	Tipo de caldera en donde los gases circulan alrededor de los tubos de agua.
Caldera híbrida	Diseño de caldera que combina las funciones acuatubular y pirotubular
Caldera pirotubular	Caldera en donde los gases circulan dentro de los tubos y el agua a su alrededor.

Calor latente	Energía requerida por una cantidad de sustancia para cambiar de fase, de sólido a líquido o de líquido a gaseoso.
Calor sensible	Es aquel que recibe un cuerpo o un objeto y hace que aumente su temperatura sin afectar su estructura molecular y por lo tanto su estado.
Cavitación	Formación de burbujas de vapor que colapsan en zonas de alta presión.
Conductividad	Capacidad de una solución acuosa para conducir la corriente eléctrica. Equipo que remueve O ₂ (aire) del agua de alimentación a calderas, ya que el oxígeno es altamente corrosivo en los circuitos de vapor.
Diesel	También denominado gasóleo o gasoil, es un líquido de color blancuzco o verdoso y de densidad sobre 850 kg/m ³ (0,850 g/cm ³), compuesto fundamentalmente por parafinas.
Dióxido de carbono	Gas incoloro, denso y poco reactivo. Forma parte de la composición de la tropósfera (capa de la atmósfera más próxima a la Tierra) actualmente en una proporción de 350 ppm (partes por millón). Su ciclo en la naturaleza está vinculado al del oxígeno.

Entalpia	Energía calorífica absorbida o desprendida, a presión constante, cuando se forma un mol de compuesto a partir de sus elementos.
Estequiometria	Cálculo de las relaciones cuantitativas entre los reactivos y productos en el transcurso de una reacción química. Proceso que consiste en endurecerse la masa del material refractario o cemento.
Fraguar	Proceso que consiste en endurecerse la masa del material refractario o cemento.
Golpe de ariete	Golpe del vapor condensado a las tuberías a altas presiones, lo cual puede provocar inmediatamente grietas en las tuberías.
Hidrolisis	Una reacción química entre una molécula de agua y otra molécula, en la cual la de agua se divide y sus átomos pasan a formar parte de otra especie química.
Huella de carbono	Recuento de las emisiones de dióxido de carbono (CO ₂), que son liberadas a la atmósfera debido a las actividades cotidianas o a la comercialización de un producto.
Incrustación	La acción y el efecto de cubrirse una roca, un animal, o un vegetal, con una costra de sustancia mineral

abandonada por el agua que la contiene en disolución.

Mantenimiento Servicio que agrupa una serie de actividades cuya ejecución permiten alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos y máquinas.

Mantenimiento correctivo Se lleva a cabo con el fin de corregir (reparar) una falla en el equipo sin haberse planificado.

Mantenimiento preventivo Conjunto de actividades que se llevan a cabo en forma planificada y programada, con el fin de reducir al mínimo la ocurrencia de fallas en edificios, equipos, sistemas, aparatos y accesorios.

Óxido de carbono Corresponde a un gas incoloro, insípido e inodoro llamada monóxido de carbono. Se trata de un compuesto muy tóxico y altamente inflamable. Es soluble en benceno y etanol y no es soluble en agua.

Ph Es el índice de que expresa el grado de acidez o alcalinidad.

Ppm Partes por millón (abreviado como ppm) es la unidad empleada usualmente para valorar la presencia de elementos en pequeñas cantidades (traza) en una mezcla.

Presión	Magnitud física que mide la fuerza por unidad de superficie, y sirve para caracterizar cómo se aplica una determinada fuerza resultante sobre una superficie.
Purga	Eliminación de una parte del agua de la caldera con el propósito de reducir la concentración de sólidos, o para descargar el sedimento.
Sal	Producto típico de una reacción química entre una base y un ácido, la base proporciona el catión y el ácido el anión.
Subproducto	Es un producto secundario obtenido durante la producción de alimentos de consumo humano.
Trampa de vapor	Válvula automática que filtra el condensado (es decir vapor condensado) y gases no condensables como lo es el aire esto sin dejar escapar al vapor.
Vapor	Un estado de la materia en el que las moléculas apenas interaccionan entre sí, adoptando la forma y el volumen del recipiente que lo contiene y tendiendo a expandirse todo lo posible.
Vapor flash	Nombre dado al vapor que se forma a partir del condensado caliente cuando existe una reducción en la presión.

- Vapor saturado** Vapor a la temperatura de ebullición del líquido. Es el vapor que se desprende cuando el líquido hierve.
- Vapor sobrecalentado** Es vapor de agua a una temperatura mayor que la del punto de ebullición. Parte del vapor saturado y se le somete a un recalentamiento con el que alcanza mayor temperatura. *Demand Side Management, Administration de Cargas*

RESUMEN

El siguiente trabajo de graduación está enfocado en aportar mayor eficiencia y actualizar los equipos industriales en la industria Inprotex, enfocado específicamente en el área de generación de vapor, con caldera pirotubular.

El capítulo uno establece aspectos generales del estado actual de la industria; procesos, organización y tiempos de ejecución de las tareas utilizadas.

En el capítulo dos se describe la disponibilidad de maquinaria actual, principio de funcionamiento, procedimientos de mantenimiento actuales, capacidad instalada e historial de mantenimiento.

En el capítulo tres se hace una descripción técnica de la propuesta a implementar tales como tipos de caldera, instalación eléctrica. Hidráulica y neumática, capacidad, tipo de combustible a utilizar y calidad esperada de vapor.

En el capítulo cuatro se presentan todos los procedimientos nuevos a ejecutar dentro de la planta para que el mantenimiento sea periódico y con base en calendarización establecida en este documento.

En el capítulo cinco se realiza la comparación y proyección de la nueva eficiencia esperada, así como un cálculo económico del impacto que tendrá la nueva maquinaria.

OBJETIVOS

General

Realizar un diseño en mantenimiento de caldera pirotubular y maquinado, para la disminución de tiempos en las estaciones de trabajo en una línea de producción de textiles.

Específicos

1. Determinar las posibles causas de fallos en la caldera y maquinaria textil.
2. Analizar los beneficios de la implementación del diseño en mantenimiento para calderas pirotubulares.
3. Determinar las consecuencias de un mantenimiento inadecuado a la maquinaria.
4. Contar con una producción de vapor más limpia para disminuir posibles contratiempos por fallas en maquinaria.
5. Determinar la importancia de un mantenimiento de equipo en la planta de producción.
6. Realizar un inventario de equipo en funcionamiento y equipo en mal estado.

7. Determinar el uso adecuado del combustible y lubricantes en el área de maquinado.

INTRODUCCIÓN

La empresa Inprotex actualmente se dedica a la fabricación de prendas de vestir deportivas; trabaja para marcas internacionales, también, producto nacional. Para la manufactura de las prendas se llevan a cabo procesos en los cuales está involucrada maquinaria que trabaja con vapor; la implementación de un diseño en mantenimiento para una caldera pirotubular, ayudará a la calidad del vapor que se utiliza, también, la reducir el uso de combustible empleado para producir vapor.

Una caldera se diseña y construye para producir vapor de agua a temperaturas y presiones muy elevadas, como cualquier empresa se tiene la necesidad de crear un manual de mantenimiento para el uso óptimo de su equipo para un buen funcionamiento de la maquinaria; esto ayudará a reducir los tiempos de las estaciones de trabajo debido a cualquier fallo que posea la máquina, también, tener en stock maquinaria que pueda ser utilizada si se presenta algún fallo que lleve mucho más tiempo de solucionarlo; por tal razón, se necesita llevar un registro de mantenimiento del equipo.

El plan de mantenimiento utilizado actualmente no tiene un tiempo óptimo para su mantenimiento este mantenimiento se lleva a cabo aproximadamente a cada seis meses, para que el equipo funcione adecuadamente se deben establecer límites de tiempo en los cuales se incluirá un mantenimiento proactivo.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Historia de Inprotex

La empresa Inprotex inicia en el año 2014 a partir de una necesidad de independencia familiar; el señor Francisco Danilo Ajcip fue el fundador de dicha empresa; la empresa se dedica a la fabricación de textiles, productos de mercado nacional para las marcas NB, GTM, entre otras.

La empresa actualmente cuenta con 40 empleados en los cuales se incluyen empelados del área de producción, mantenimiento y administración.

1.2. Información general

La empresa inicia como subcontratación de una empresa textilera más grande para dar servicio tercerizado debido a la demanda por la que se estaba pasando en su fundación.

1.2.1. Ubicación

La empresa se encuentra ubicada en la 4ª calle 2-21, zona 2, San Pedro Sacatepéquez, departamento de Guatemala.

1.2.2. Misión

Somos una empresa en confección, principalmente fabricamos prendas para la parte superior del cuerpo enfocados en el área deportiva tanto en producto

nacional como en producto internacional, proporcionando productos de alta calidad y acabados finos llenando siempre las expectativas de los consumidores.¹

1.2.3. Visión

Para el año 2020 ser uno de los mayores distribuidores de prendas de vestir, teniendo así un mercado venta en todo el territorio nacional ampliando nuestros puntos de venta; implementando nuevos métodos de confección, capacitando al personal administrativo y de producción en técnicas donde se mejore la productividad teniendo así un crecimiento interno y externo de la empresa.²

1.3. Tipo de organización

Para el organigrama de esta empresa se tomaron los puntos más importantes según el área de trabajo; se decidió tomar el diagrama con base en la jerarquía según el nivel superior, el más alto y en inferior, el más bajo.

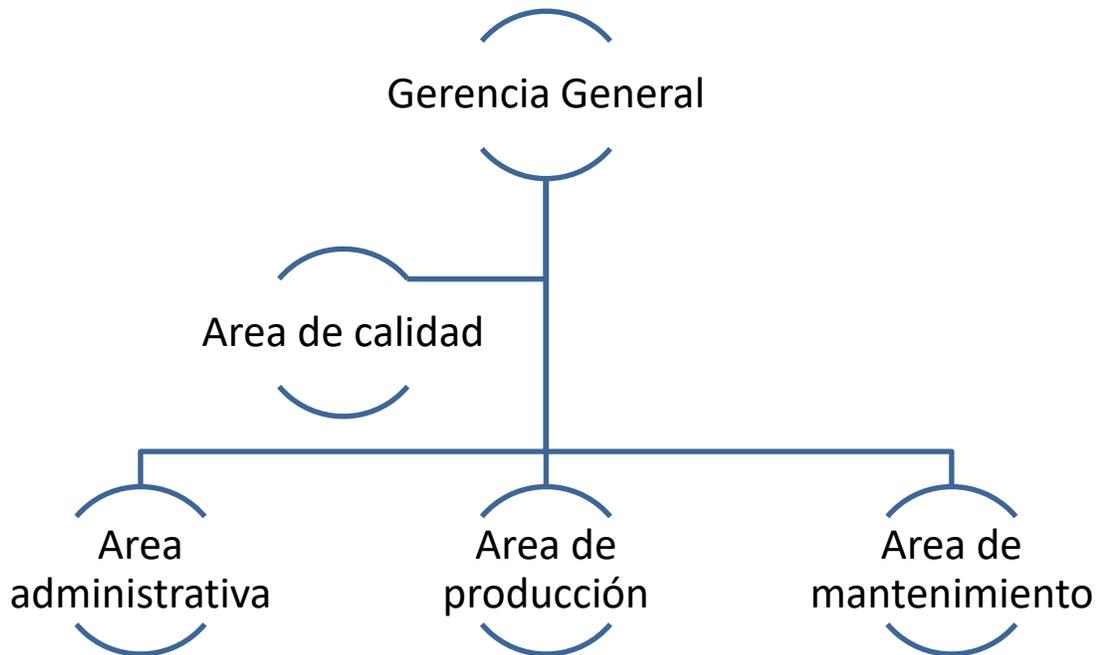
1.3.1. Organigrama

La empresa está dividida en 3 áreas con diferente jefatura y un área completamente externa que trabaja con calidad la cual reporta directamente a gerencia general.

Figura 1. **Organigrama de la empresa**

¹ Inprotex. *Ficha de empresa*. <https://export.com.gt/empresa/inpro>.

² *Ibíd.*



Fuente: elaboración propia.

1.3.2. Puestos financieros

Para los puestos financieros se presentan también en forma escalonada según el primer puesto como el más alto.

- Gerente general: es el encargado de tomar las decisiones dentro de la empresa.
- Gerente de calidad: su principal función es verificar que las prendas de confección tengan los estándares y lineamientos: tallas, costuras, cortes, entre otros.

- Gerente administrativo: es el encargado de llevar todos los costos de producción, también, la logística de entrega de los productos.
- Gerente de producción: encargado de verificar que se cumplan todos los procesos, también, es el que debe darle rito a la producción tomando en cuenta los cuellos de botella, los principales retrasos, entre otros.
- Gerente de mantenimiento: se encarga del buen funcionamiento de toda la maquinaria, también, verificar los niveles de la caldera, el estado del compresor y revisa los mecanismos según su plan de mantenimiento.

1.3.3. Valores

- Respeto
- Originalidad
- Puntualidad
- Calidad
- Trabajo en equipo
- Honestidad
- Responsabilidad

1.4. Diseño en mantenimiento

El diseño de mantenimiento surge como necesidad debido a los estándares de calidad que se trabajan para las marcas a maquilar, así como el implemento para la reducción de costos en el área de mantenimiento.

1.4.1. Definición

Se le denomina diseño en mantenimiento a un cronograma en el cual van incluidas todas las acciones ya sean correctivas o preventivas que se le debe realizar a la maquinaria a cada cierto tiempo, esto dependerá de la maquinaria que se esté utilizando; en este caso se le brindará servicio a la caldera utilizada en la planta, también, a la maquinaria de confección, debido a que estas dos son distintas tendrán un lapso de tiempos distinto en mantenimiento.

Por otro lado, el mantenimiento se define como la acción de sistemas y técnicas las cuales ayudan al funcionamiento adecuado de la maquinaria dándole así la vida útil según las especificaciones de los fabricantes.

1.4.2. Características

Las características principales de los mantenimientos es el tiempo en el que se realiza cada uno de ellos como, es decir dependerá del momento en el que se realice el último mantenimiento, para programar el siguiente mantenimiento de acuerdo a las especificaciones de la máquina; si no se cuenta con especificaciones de la maquinaria, se deberán realizar estudios de mantenimientos anteriores para programar su próxima fecha de mantenimiento,

de lo contrario, se deberá analizar el mecanismo completo de la maquinaria para hacer un mantenimiento según sean las necesidades de la máquina.

Un diseño en mantenimiento tiene como principal objetivo describir las normas, los procedimientos y las organizaciones que se utilizan en la maquinaria; este diseño en mantenimiento da un lugar sumamente elevado en la organización al mantenimiento; predictivo, regresivo, proactivo, entre otros.

1.5. Tipos de mantenimiento

Los mantenimientos que se evaluarán serán los que se consideran óptimos debido al tipo de industria que se está trabajando.

1.5.1. Regresivo

Mantenimiento el cual se realiza hasta que la maquinaria comienza a dar fallas, no existe previsión de averías, usualmente cuando no se conoce la maquinaria con la que se está trabajando se utiliza este tipo de mantenimiento o cuando el equipo es muy barato y es fácil de reemplazar ya que sale mucho más elevado el costo en reparar que adquirir uno nuevo. En realidad, este mantenimiento no es considerado una estrategia ya que utiliza el término de usar y tirar, es decir no se plantea ninguna acción para la reparación de la maquinaria ya que su base considera una reparación antieconómica.³

1.5.2. Reactivo

Mantenimiento el cual se considera como funcionamiento hasta provocar fallas, este mantenimiento se enfoca en que no se programara ninguna acción hasta que la máquina falle, la idea principal de este mantenimiento se basa en crear una gran capacidad humana que pudiese atender cualquier imprevisto dentro de la empresa, es decir cuando se presenta una falla siempre tiene que haber personal de mantenimiento disponible para reparar el equipo, esto puede llegar a ser peligroso ya que se llegan a tomar acciones después de las fallas las cuales pueden causar daños posteriores a la maquinaria o poner en riesgo la salud de los operarios. Siendo entonces el mantenimiento reactivo aquel que se efectúa

³ MUÑOZ, Belén. *Mantenimiento industrial*. p. 5.

cuando se produce la avería y así restablecerla a su estado operativo habitual de servicio.⁴

Algunas de las ventajas del mantenimiento reactivo son:

- Cuando se realiza el mantenimiento en el equipo después de la avería este otorgara vida útil al activo.
- Ahorro en planificación, esto debido a que se actúa cuando se produce la avería y no se necesita de mayor coordinación.

Para este mantenimiento se recomienda que sea donde una falla:

- No afecte la seguridad.
- No provoque derrames tóxicos.
- No interrumpa la producción.
- No provoque daños irreversibles a la máquina o costos demasiado altos para la reparación.
- No afecte la calidad del producto.

El mantenimiento reactivo no se adecua para máquinas críticas o esenciales donde una avería inesperada genere algún problema como los mencionados anteriormente.

1.5.3. Preventivo

El mantenimiento preventivo es aquel que programa la situación de los elementos de las máquinas de manera periódica antes de llegar al fin de su vida útil. El tiempo periódico de los mantenimientos se basan en cálculos ya sean estos por estimaciones o teóricos es decir que el fabricante de la máquina otorgue una

⁴ MUÑOZ, Belén. *Mantenimiento industrial*. p. 6.

fecha para brindarle mantenimiento a la maquinaria, si en dicho caso no fuese así debe llevarse un registro según patrones de fallas basados en el tiempo de uso. Un análisis estadístico de vida útil en la maquinaria permitirá realizar el mantenimiento basándose en la sustitución periódica de estos elementos independientemente del estado en que estos se encuentren, ya sea por desgaste, corrosión o deterioro. Una de las grandes limitaciones de este tipo de mantenimiento es la incertidumbre a la hora de definir el instante que se debe reemplazar la pieza esto hace que se utilice solo el valor promedio de la pieza a reemplazar.⁵

El objetivo de este mantenimiento es reducir la probabilidad de averías o pérdida de rendimiento de una máquina o instalación tratando de planificar unas intervenciones que se ajusten al máximo a la vida útil del elemento intervenido.

El mantenimiento preventivo reduce las paradas no planificadas por averías, lo cual es una gran ventaja en los procesos de producción, este mantenimiento se recomienda si no existe una manera de conocer el estado de la pieza a reemplazar ya que si se sustituye la pieza solo por criterio de hora y funcionamiento se corre el riesgo de programar trabajos que solo serán gastos para máquinas que se encuentra en buen estado.

La planificación del mantenimiento a intervalos fijos puede evitar averías, pero también provocará otras, de alto precio:

- La sustitución de componentes en buenas condiciones
- Mano de obra asociada a estas intervenciones innecesarias

Montar y desmontar la maquinaria, así como ajustarla conlleva un riesgo, puesto que se puede inducir averías derivadas de estas interacciones, muchas empresas en estos tiempos consideran inútil este tipo de mantenimiento a intervalos fijos.

⁵ MUÑOZ, Belén. *Mantenimiento industrial*. p. 7.

La estrategia del mantenimiento preventivo se recomienda para aquellas máquinas en las cuales una falla no tendría grandes consecuencias.

Las intervenciones de manteniendo pueden programarse o no, el origen de cada intervención de mantenimiento programado puede deberse a una acción reactiva, preventiva o predictiva.

1.5.4. Predictivo

“El mantenimiento predictivo también se considera por analizar la base en la condición que se evalúa el estado de la maquinaria, conforme a esto se puede intervenir o no, es decir producirá grandes ahorros en mantenimiento”.⁶

El diagnóstico se desarrolló en la década que va desde los ochenta a mediados de los noventa del siglo veinte. El mantenimiento basado en la condición optimiza al mantenimiento preventivo de manera que determina el momento preciso para da intervención de la maquinaria industrial.

El mantenimiento predictivo es un conjunto de técnicas instrumentadas de medida y análisis de variables para caracterizar en terminas de fallos potenciales la condición operativa de los equipos productivos. Su principal objetivo es optimizar la fiabilidad y disponibilidad de equipos al mínimo costo.

Si se hace una observación de un punto de vista técnico se considerará un mantenimiento predictivo solo si cumple los siguientes requisitos:

- La medida sea no intrusiva, es decir, que se realice con el equipo en condiciones normales de operación.

⁶ MUÑOZ, Belén. *Mantenimiento industrial*. p. 8.

- El resultado de la medida puede expresarse en unidades físicas.
- La variable medida ofrezca una buena respetabilidad.
- La variable predictiva pueda ser analizada y parametrizada para que represente algún modo típico de fallas del equipo.

Un sistema de gestión de mantenimiento será predictivo siempre que:

- La medida de la variable se realice de forma periódica en modo rutina.
- El sistema permita la coordinación entre el servicio de verificación predictiva y la planificación del mantenimiento.
- La organización de mantenimiento y la de producción esté preparada para reaccionar ante la eventualidad de un diagnóstico crítico.

En las máquinas muy críticas que requieren una supervisión con intervalos cortos entre medidas es más rentable instalar un sensor de vibración fijos en las máquinas y sistemas de monitorizado en continuo.

Las técnicas predictivas de mayor implantación son:

- Análisis de vibraciones
- Inspección infrarroja
- Análisis de aceites
- Detección de ultrasonidos
- Análisis de motores eléctricos

Cada una de estas técnicas tiene su aplicación en la detección y diagnóstico de un conjunto determinado de fallos, cuando dos técnicas de diagnóstico dan el mismo fallo, se comportan como complementarias y aumentan la fiabilidad del diagnóstico.

Al aplicar la estrategia predictiva se puede extender la vida útil de la maquinaria hasta cinco veces más que si se sigue una estrategia preventiva, la estrategia reactiva es la que aprovecha mejor la duración de los elementos internos en los mecanismos, pero ignora el riesgo de hacer funcionar una máquina hasta el momento de su avería.

Para tener éxito en la implementación de un plan de mantenimiento predictivo se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Hace que el mantenimiento predictivo se considere como una estrategia dentro de la empresa.
- Diseñar un plan para tener en cuenta los recursos necesarios para implementar con éxito la estrategia predictiva.
- Analizar los costos antes y después de la implementación.
- Hacer una prueba de un año de lo contrario tomar acciones correctivas necesarias.
- Tener en cuenta la asesoría de expertos en el área de mantenimiento.

En este tipo de mantenimiento se debe aplicar en aquellas máquinas en las cuales se puedan definir unos indicadores de modos de fallo y realice inspecciones de supervisión periódicas.

1.5.5. Proactivo

Este mantenimiento investiga las causas de las averías y busca remedios para evitar que se repitan y así aumentar su fiabilidad.

Las prácticas proactivas más frecuentes en mantenimiento industrial son el equilibrado dinámico de rotores y la alineación de precisión de acoplamiento, es decir se buscará darle mayor vida útil a la maquinaria haciendo pruebas predictivas y preventivas.

Para realizar este análisis se deberá conocer ciertas técnicas entre las cuales están el análisis de causa raíz, en el ámbito del mantenimiento proactivo se ve potenciado por el uso de las tecnologías desarrolladas para el diagnóstico en los equipos de procesos, tanto constructivas como operativas.

El éxito de las técnicas predictivas depende en gran medida del personal involucrado en la puesta en marcha y operación del plan predictivo.⁷

1.5.6. Plan de mantenimiento

El plan de mantenimiento puede gestionarse según averías inesperadas, de manera periódica o basada en la condición del activo.

Para el plan de mantenimiento la programación de las intervenciones a partir de las averías inesperadas o según sean intervenciones periódicas según el calendario se deben tener estrategias reactivas, preventivas y predictivas.

Estrategias preventivas:

- Cuando la consecuencia de la avería inesperada es grave y, por lo tanto, se ha de tomar medidas para evitar fallos.

⁷ MUÑOZ, Belén. *Mantenimiento industrial*. p. 9.

- Cuando no es posible definir indicadores de fallos.
- Cuando la probabilidad de una avería es mayor a medida que se sigue utilizando.
- Cuando existen errores de montaje o ajustes.

Estrategia reactiva:

- Cuando no es posible definir indicadores de fallo.
- Cuando los fallos suelen ser antieconómicos.
- Cuando los fallos aumentan con el tiempo.
- Cuando los fallos no tienen patrón de desgaste.
- Cuando la intervención de la máquina puede inducir nuevas averías por errores de montaje.

Estrategia predictiva:

- Cuando la consecuencia de una falla es grave con base en esto se toman las medidas para evitar futuras fallas.
- Cuando los indicadores se pueden definir para realizar un seguimiento.
- Cuando existen errores en montaje o reajustes.

Para realizar una correcta asignación de estrategias para cada activo se han de clasificar según lo crítico que sean.

Activos no críticos en este se encuentran estrategias reactivas más adecuadas.

Activos críticos, en estos si es posible aplicar la estrategia predictiva. Aquellos activos en los cuales no se pueda aplicar la estrategia predictiva se aplicará estrategia preventiva.

1.6. Tipos de combustibles

En el mercado existen variedades de combustible los cuales pueden ser utilizados, el enfoque que se le dará a cada uno de ellos será debido al costo de adquisición y eficiencia para la mejora en el proceso y vida útil de la maquinaria.

1.6.1. Bunker

Es un combustible que proviene de la primera etapa del proceso de refinación, el bunker tiene un alto contenido energético, de consistencia viscosa, lo cual se hace un excelente combustible para calderas, hornos y plantas de generación eléctrica, del bunker también se pueden obtener subproductos como aceites, lubricantes y asfalto.

El bunker se clasifica con números del 1 al 6, esta clasificación se considera para su punto de ebullición, composición y viscosidad, de acuerdo con esta nomenclatura entre mayor sea el número mayor viscosidad tendrá.

Para un proceso industrial en este caso ser utilizado como combustible en la caldera el bunker debe ser precalentado antes de ser inyectado a la caldera, la temperatura recomendada debe ser entre 90 °C y 96 °C, este proceso se realiza para evitar que los hidrocarburos livianos se evaporicen de esta manera poder evitar el poder calórico original.

Algunas de las principales características del bunker seria:

- Viscosidad, siendo esta la que posee mayor importancia dado que es una medida de la facilidad con que el combustible es bombeado o atomizado en el quemador. El incremento de la viscosidad tiene su impacto en los sistemas de manejo del combustible en la industria, por ello se deben tomar las precauciones para el caudal. La mayoría de los quemadores requieren que la viscosidad en el quemador sea entre 100 y 200 SSU a temperatura de 38 °C.

- Temperatura de inflamación, se conoce como punto de ignición, siendo la temperatura más baja a la que un combustible debe calentarse para que genere vapores suficientes que se mezclen con el oxígeno y se inicie la combustión.
- Densidad, se incluye como un dato necesario para el cálculo de balance de energía, la densidad aumenta por el número de carbonos en la cadena siendo esta de 988,66 Kg/m³ hasta 1 004 Kg/m³
- Contenido de azufre, cuando mayor sea la densidad del bunker mayor será el contenido de azufre, el límite admitido de azufre en el bunker será el 3,0 % máximo, ya que el azufre provoca corrosión en los equipos de combustión, al combinarse con el vapor de agua en los gases de salida esto formara ácidos.
- Poder calorífico, es la cantidad de energía otorgada y se mide en julio/kilogramo, el mínimo requisito para el bunker y se aproveche su poder calorífico debe ser 39,78 Mega julios/kilogramo.
- Aditivos, algunos utilizados en la industria pueden ser:
 - Óxidos metálicos que catalizan la combustión
 - Jabón metálico
 - Agentes tensoactivos
 - Productos nitrogenados
 - Disolventes aromáticos
 - Emulsionantes para disminuir el agua
 - Demulsificantes para separar el agua

Cuanto mayor viscosidad tenga el bunker empleado en un quemador mayor será el cuidado que se debe tener con la inyección de los quemadores.⁸

1.6.2. Carbón

Es uno de los recursos más utilizados también conocido como combustible fósil es llamado así ya que está formado por minerales a través del paso de los años donde se ha expuesto a temperaturas y presiones bajo tierra. El carbón es una roca sedimentaria de aspecto y color variable, desde el negro hasta un pardo negruzco, los elementos principales del carbón son:

- Hidrogeno
- Nitrógeno
- Azufre
- Oxigeno

⁸ RIVERA ALPÍZAR, Gonzalo. *Manual de productos*. p. 22.

Siendo el carbón de menor valor en el mercado, puede ser de excelente uso para las calderas industriales, generando el poder calorífico que será transferido al agua para esta ser transformada en vapor.⁹

1.6.3. Diésel

Es una mezcla de hidrocarburos que se obtiene de la destilación fraccionada del petróleo ciertamente a una temperatura que oscila entre 250 °C y 350 °C siendo presión atmosférica. Posee un refinado mucho más sencillo que el de la gasolina, este posee mayores cantidades de componentes minerales y azufre. Además, posee un 18 % más energía por unidad que la gasolina, esto hace que la eficiencia de los motores diésel contribuya a su óptimo rendimiento.

La volatilidad, ignición, estabilidad a la oxidación; la potencia, el desgaste, la emisión de gases dependen directamente de la composición de este.

Las principales características del diésel:

- Curva de destilación, esta indica indirectamente los diferentes valores de la composición química del combustible que le permite ser apto para cumplir con las características necesarias para su utilización.
- Destilación de 50 % y 90 % siendo estos los dos valores más utilizados para la destilación siendo un valor máximo de temperatura de 360 °C.
- Azufre, el promedio en la fracción de masa de azufre en el diésel fue de 6,62 ppm según el método ASTM D-2622, siendo su límite máximo de 50 ppm.

⁹ Fundación Repsol Energía Social. *Los combustibles fósiles*. p. 9.

- Viscosidad, puede afectar el desempeño del sistema de inyección de combustible, la baja viscosidad ocasiona desgastes excesivos y la alta viscosidad puede resultar en dificultades de bombeo.
- Índice de cetano, es un parámetro relacionado con el tiempo que el Diésel tarda en hacer combustión, medido desde que el combustible entra.
- Agua y sedimento, puede causar obstrucción en los filtros y desgaste en los quemadores, así como puede ocasionarles corrosión, esto requiere un control adecuado.

1.6.4. GLP (gas licuado del petróleo)

El gas licuado de petróleo (GLP) es la mezcla de gases condensables provenientes del proceso de refinación del petróleo. Este es inodoro e incoloro, pero se le adiciona un odorizante esto hace que obtenga un olor pestilente para posibilitar su olor cuando existan fugas.

El estado del GLP debe tener presión atmosférica y una temperatura ambiente es decir será 1atmosfera y 20 °C.

Su principal aplicación se da en:

- Sector automotriz.
- Sector turístico.

- Sector industria. La utilización del GLP normalmente se aplica en calderas y hornos donde se requiere una combustión que deje pocos residuos. Para la industria el GLP produce grandes ventajas desde el punto de vista ambiental, ya que los niveles de contaminación son bajos y desechan pocos gases, este debe almacenarse y manejarse con precaución esto debido a su alta volatilidad y fácil ignición.

La densidad del GLP se encuentra entre 511 y 542 Kg/m³.

1.7. Tipos de recubrimiento en tubería para caldera

Los recubrimientos son de vital importancia en la tubería de las calderas ya que esto evita que el vapor se condense en las mismas, cuando se forman charcos de agua esto hace que se corra el metal de la tubería, esto también afecta en la calidad del vapor que se esté trabajando.

1.7.1. Exterior

Las tuberías que transportan vapor son aisladas para prevenir pérdidas de vapor debido a la radiación de calor, también es importante aislar válvulas manuales y de control, instaladas en las tuberías de vapores, que tengan grandes superficies de radiación de calor.

El aislamiento térmico tiene como función principal la conservación de la energía, el aislamiento térmico recuperable está compuesto por:

- Sujetadores de acero.
- Malla de acero inoxidable.
- Material aislante.

- Grapas tipo C de acero inoxidable.
- Tela de fibra de vidrio impregnada con una gruesa capa de goma siliconizada.

Para el cálculo de la sección se necesita saber lo siguiente:

Temperatura superficial, temperatura ambiente, diámetro de tubería y espesor de aislante, es necesario tener en cuenta que las pérdidas que se incurren en las líneas de vapor y retorno de condensado cuando las tuberías no cuentan con aislamiento son considerables.

Entre los aislantes encontramos el aislante térmico recuperable, es un tipo de aislante que por sus características puede ser recuperado después de un mantenimiento, de tal manera que podemos seguir utilizándola, que prolonga la vida útil.

La composición del recubrimiento dependerá de la temperatura de la operación y su aplicación, puede incluirse fibra de vidrio tipo E o también se puede utilizar fibra cerámica para altas temperaturas.

1.8. Tipos de calderas

Existen varios tipos de calderas para distintos tipos de usos en la industria, se diferencian por su forma de ensamblar, eficiencia y funcionalidad en la industria.

1.8.1. Pirotubular

Las calderas son recipientes cerrados, que contiene un líquido por lo general agua destinada a ser convertido en vapor mediante una fuente calorífica a una presión y temperatura muy elevada.

Las calderas se componen de un compartimiento donde se consume el combustible y otro donde el agua se convierte en vapor, para la producción de vapor puede ser utilizado para la cocción de alimentos, lavado y planchado en serio de ropa, tratamientos sépticos entre otros.

Las calderas pirotubulares son equipos donde los gases calientes de la combustión fluyen por el interior del hogar o fogón y de los tubos flux, y el agua rodea, baña a estos tubos por lado fuera; la diferencia de temperatura hace que se forme una transferencia de calor del fluido de más alta temperatura, hasta los fluidos de baja temperatura que en la mayoría de las veces es agua, de este modo se produce que el líquido llegue al punto de ebullición para convertirlo en vapor.

Los gases muy calientes procedente de un quemador, este se conduce a través de múltiples tubos sumergidos en el agua contenida en el cuerpo de la caldera, estos tubos se llaman tubos de fuego.

Durante la circulación por los tubos estos ceden la energía calorífica al agua, esto produce que el agua llegue a su punto de ebullición para producir vapor, una válvula de seguridad impide que la caldera alcance presiones peligrosas que puedan afectar la integridad de los operarios.

Ventajas de las calderas pirotubulares (con 1 y 2 hogar) son:

- Construcción compacta.
- Menor coste de adquisición.
- Menor coste de instalación.
- Gran capacidad de energía acumulada.
- Rápida respuesta a puntas de consumo.
- Alta calidad de vapor, título cerca de.
- Alto rendimiento

Inconvenientes

- Producción límite de 25 a 60 toneladas de vapor por hora.
- Presión máxima de trabajo es de 25 a 27 bar.

La caldera pirotubular o bien de tubos de fuego es la caldera que más prevalece y se utiliza para aplicaciones de calentamiento de proceso y aplicaciones industriales, la configuración de la caldera está influida por necesidades de transferencia térmica de modo que se pueda extraer del combustible de esta manera utilizar el material que aporte mayor capacidad calorífica y sea lo más económico posible.

Algunas de las desventajas de estas calderas es que los hogares, los hogares son los lugares donde se quema el combustible y por lo regular se encuentran rejas de metal las cuales atrapan el residuo del combustible utilizado, tienden a colapsar por la fuerza que reciben estos se aplastan; por lo cual se necesitan tirantes o arriostrada el cual lleva una chapa a lo largo del hogar tubular.

En la caldera pirotubular encontramos tres tipos de cámaras.

- Cámara de agua, la primer parte de volumen de la caldera se ocupa de agua la cual tiene un límite de nivel superior que en ningún momento debe descender durante su funcionamiento, el cual está entre el nivel visible del tubo.
- Cámara de vapor, este viene dado sobre el nivel superior del volumen de agua, mientras más vapor se utilice el volumen de la cámara de vapor será mucho más grande.
- Cámara de alimentación, esta se encuentra entre el nivel máximo y mínimo de agua, esta cámara durante el funcionamiento estará ocupada por agua o vapor según sea el nivel del agua.

La caldera está conformada básicamente por los siguientes elementos:

- Zona de presión, incluyendo superficies de calentamiento
- Conexiones de entrada y salida para agua y vapor
- Hogar
- Conexiones para manejo de aire, combustible y gases
- Aislamientos y refractarios
- Estructura frontal de soporte para equipo de combustión
- Tapas o compuertas
- Válvulas
- Sistema de control¹⁰

1.8.2. Verticales

Son aquellas calderas que trabajan la mayoría de las veces con tubos y estos se encuentran serpenteados. Son utilizadas cuando existen superficies planas y de menor área.

Las calderas verticales son utilizadas para unidades estacionarias de las cuales los trabajos a utilizar son de presión media, normalmente son utilizadas para planchas industriales y trabajo en plásticos.

Ventajas de las calderas verticales

¹⁰ KOHAN, Anthony Lawrence. *Manual de caldera, principios operativos de mantenimiento, construcción, instalación, reparación, seguridad, requerimientos y normativas.* p. 47.

- Fácil instalación
- Costos bajos
- Dimensiones para la caldera reducidas
- No se necesita de un lugar aislado
- Instalación rápida

Desventajas de las calderas verticales

- No se tiene acceso al interior
- Baja capacidad de agua
- Mayor arrastre¹¹

1.8.3. Con tubos

En este tipo de caldera posee tubos tipo serpiente donde transita el calor entre estas calderas se encuentra:

- Caldera tipo Manning y del fondo estrechado con una superficie de parrilla amplia, algunas de las ventajas de las calderas verticales son: capacidad y manejabilidad; bajo coste de inicio; instalación rápida; poca superficie requerida; no se precisa de un asentamiento especial.

1.8.4. Sin tubos

Habitualmente este tipo de calderas utiliza electricidad, transformando el calor por una resistencia sumergida en el agua, posee rendimientos térmicos muy elevados.

Fáciles de instalar, donde se encuentran la mayoría de las veces es en laboratorios, productos alimenticios, entre otros.

¹¹ KOHAN, Anthony Lawrence. *Manual de caldera, principios operativos de mantenimiento, construcción, instalación, reparación, seguridad, requerimientos y normativas*. p. 70.

1.8.5. Horizontales

Este tipo de calderas es de las más comunes en la industria, entre ellas se encuentra:

Caldera SM (Marian escocesa), esta caldera fue utilizada desde un principio para uso marino, el hogar de estas calderas forma parte integrante del conjunto total, permitiendo una construcción más compacta para su capacidad de producción. Estas calderas están soldadas como una unidad compacta.

De este tipo de calderas existen 4 tipos y son de 1, 2, 3, 4 pasos es decir el tubo serpentea de uno a cuatro veces.

1.9. Acuotubular

Las calderas acuotubulares son aquellas que por el interior circula agua o bien sea en algunos casos vapor y los gases calientes se hallan en contacto con la superficie externa de aquellas.

El uso de estas calderas regularmente es para obtener elevadas presiones y rendimientos.

Algunos de los objetivos al construir calderas son:

- Menor costo
- La forma de los tubos más simple
- Capacidad
- Mayor accesibilidad
- Mayor eficiencia en la transferencia de calor
- Eleva la capacidad de la producción de vapor

Las calderas acuotubulares son aquellas donde el fogón se encuentra en la parte exterior y por el interior de los tubos corre agua a cierta temperatura, regularmente el agua que pasa por estos tubos tiene un precalentamiento esto hace que el gasto del combustible utilizado sea mínimo, las calderas acuotubulares tiene altas capacidades algunas de ellas puede producir hasta cien millones de libras de vapor por hora.

En la parte de la industria el término caldera está siendo remplazado por generador de vapor, los generadores de vapor producen vapor saturado, vapor el

cual se encuentra en un punto próximo al condensado, comúnmente las calderas (nombre referido a las calderas piro-tubulares) y los generadores de vapor (nombre referido a las calderas acu-tubulares) generan dos tipos de vapor; la primera genera vapor sobrecalentado es decir un vapor seco y la segunda genera vapor saturado un vapor bastante húmedo.

Las ventajas de estas calderas son:

- Mayor capacidad a mayor cantidad de tubos, independientemente del diámetro del calderín de vapor.
- El calderín no está expuesto al calor radiante de la llama.

La circulación de agua dentro de la caldera tiene un patrón, es muy importante conocer este patrón ya que para que exista una buena transferencia de calor se debe conocer el recorrido del agua.

Entre los muchos diseños de las calderas las acu-tubulares están:

- Calderas de circulación natural.
 - Tubos rectos entre ellos encontramos los de poca inclinación y tubos verticales o inclinados.
- Tubos curvos.
- Tubo de radiación.
- De un solo cuerpo cilíndrico.
- De varios cuerpos cilíndricos.
- Cuerpo transversal.
- Circulación forzada.
- Circulación controlada.
- Calderas especiales.

Las calderas de tubos rectos tienen la ventaja de que todos los tubos principales son iguales y solamente necesitan pocas formas especiales; el inconveniente es que los tubos rectos terminan en colectores cuyas paredes deben estar a escuadra con la línea central de los tubos.

Las calderas de tubos de poca inclinación poseen circulación natural, siendo estas construidas para la fabricación de 110 toneladas de vapor por hora la presión de servicio límite es de 180 kg/cm² posee una gran superficie eficaz de vaporización esto para el aumento de la cantidad de vaporización, cuenta con un recalentador que está ubicado generalmente entre el haz tubular y el tambor superior.

Cuando son calderas con tubos muy inclinados o verticales estas están constituidas por dos cuerpos cilíndricos, los cuerpos están unidos por haces tubulares verticales por la disposición de los tubos la circulación es muy intensa, favoreciendo la separación de las burbujas; para las calderas de tubos rectos no sirve para presiones superiores a 35 kg/cm² a causa de la poca solidez de los tambores,

Las calderas de tubos de agua curvados poseen mayor flexibilidad y esto permite la construcción mucho más ancha y a baja altura, la caldera de tubos curvados permite mayor superficie de calefacción; los calderines sirven de puntos colectores muy convenientes en el circuito de agua-vapor.

En la actualidad existen calderas modernas que se le denomina:

- Tipo A: cuenta con un domo superior soportado por dos grupos de tubos que salen de dos domos inferiores separados.
- Tipo D: un domo superior soportado por un grupo de tubos que salen de un domo inferior
- Tipo O: cuenta con un domo superior soportado por dos grupos de tubos que salen de un domo inferior

En la categoría de calderas modernas se incluyen todas aquellas que trabajan con elevadas presiones de vapor.¹²

1.10. Tipos de maquinados

El maquinado es aquella acción que involucra maquinaria de confección y corte para prendas en la industria de textiles.

1.10.1. Descripción

Es toda aquella actividad donde implique la unión de la materia, también se le llama maquinado a la acción de remover la materia excedente del producto final.

1.10.2. Condiciones de corte

Los cortes en la industria de textiles pueden ser:

¹² KOHAN, Anthony Lawrence. *Manual de caldera, principios operativos de mantenimiento, construcción, instalación, reparación, seguridad, requerimientos y normativas*. p. 64.

- Cortes manuales: son todos aquellos cortes efectuados en prendas de vestir individuales o a la medida, en estas condiciones el operario se encuentra parado sobre la mesa de corte, donde dibuja sobre la tela el diseño de la pieza la cual seguido de esto efectúa el corte con tijeras.
- Cortes industriales: para una producción a mayor cantidad es necesario de utilizar equipo industrial, de igual manera el operario se encuentra situado frente a la mesa de corte la cual está programada con un software en el cual se incluye la medida y el diseño de la prenda a confeccionar.

1.10.3. Tipos de herramientas

En la industria de textiles se utilizan:

- Mesa.
- Tijeras.
- Máquina de corte: rectas, circulares y mini cortadoras; estas máquinas realizan la operación de corte de tela, esta máquina es una de las más complicada de utilizar ya que todo error es imposible de corregir. Al realizar el corte se puede utilizar tijeras también pero no es nada eficiente.
- Metro.
- Regla curva.

- Papel para patrones.
- Papel para marcar.
- Rodo.
- Alfiler.
- Tiza.
- Tela.
- Plancha.
- Máquina de coser: existe una amplia variedad de máquinas para efectuar la unión de las piezas de textiles, entre ellas se encuentran; Overlock, recubridora, máquina pespunte, bastera, collaretera, botonera, atracadora, elastiquera, ojaladora y cerradora.

1.10.4. Partes de la herramienta

Las máquinas de corte:

- Cuchillas rotarias es un disco de 4 a 20 cm de diámetros, motor eléctrico, depósito de aceite, palanca de libración, afiladora de palanca, perilla giratoria, leva de palanca de liberación, tubo, polea de eje, correa de eje, clavija, cubierta, palanca de présatela, soporte de afiladora, protector de cuchilla.

- Cortadora de cuchilla circular, las cuchillas circulares pueden variar de diámetro, cuenta con capacidad máxima de 900 rpm

Máquinas de coser:

- Overlock: barra de la prensa telas, protector de telas, placa de aguja, volante, mirilla indicadora de aceite, tapón de suministro de aceite, regulador de tensión del hilo, cubierta delantera, protector de ojos, barra de agujas, agujas de sobre orillado, tornillo regulador de presión del pie, enlazador inferior, enlazador superior, enlazador de punta de cadena, indicador del nivel de aceite.
- Plana de tres agujas: rueda de mano, porta hilo, selector de puntada, palanca del tirahilo, tensor, barra de aguja, prensa tela, aguja, arrastratela, lanzadera, bobina, porta bobina, variador de velocidad y correa.
- Máquina punta cadena.

1.11. Reducción de tiempos

Para mejorar la eficiencia de la producción se necesitan conocer los elementos que atrasan una producción.

1.11.1. Diagrama bimanual

Un diagrama bimanual es aquel que permite mostrar los movimientos que realizan las manos de los operarios ya sea la izquierda o derecha, así también

la relación que existe entre ambas manos. Se utiliza el diagrama bimanual para identificar y analizar operaciones repetitivas.

En este diagrama se utilizan símbolos para representar los movimientos, entre ellos están:

Tabla I. **Categorización de actividades**

ACTIVIDAD	DEFINICIÓN	SÍMBOLO
Operación	Es utilizado para tomar, colocar, utilizar, entre otros. una herramienta, material, entre otros.	
Transporte	Es utilizado para determinar movimiento de la mano hasta el trabajo, herramienta o material; o desde uno de ellos.	
Espera	Es utilizado para determinar cuándo una mano esta sin moverse (aunque la otra sí)	
Sostenimiento	Este símbolo es utilizado para representar toda aquella acción para sostener alguna herramienta, mantener sujeta materia prima, entre otros.	

Fuente: elaboración propia.

Para el diseño del diagrama se necesita tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Estudiar el ciclo de operación repetidas veces.

- Registrar la mano derecha o izquierda no ambas.
- Registrar la menor cantidad de símbolos.
- Registrar las mismas acciones en el mismo tiempo.
- Las acciones con sucesión se deben escribir en distintos renglones.
- Procurar el registro de acciones efectuadas por el operario y evitar cambiar de símbolos.

1.12. Elementos que atrasan la producción

Los elementos que atrasan una producción son todos aquellos factores de demoras ya sean externos o internos.

Entre los factores externos están:

- Demora en llegada de materia prima
- Caídas de potencial eléctrico
- Manifestaciones
- Condiciones naturales

Factores internos:

- Falta de comunicación entre encargado y operario
- Falta de capacitación
- Accidentes donde se detenga la producción
- Mala ergonomía

- Cuellos de botella
- Fallas en maquinaria

1.12.1. Tiempos muertos

Se le denomina tiempos muertos a todos aquellos tiempos donde una máquina no realiza trabajo útil. Los tiempos muertos son causados en algún momento por averías, también cuando un proceso de producción tiene varias etapas hasta la llegada de producto final las máquinas poseen tiempos muertos ya que esta trabajará hasta que la otra termine su proceso.

Hay que tomar en cuenta que cuando existen muchos tiempos muertos pequeños llegan a afectar la producción ya que estos al final del todo el proceso produce gastos.

1.12.2. Tiempos de ocio

Se define tiempo de ocio a todo aquel tiempo en el que el operario no se encuentra realizando ninguna actividad ya sea por falta de materia prima, trabajo de maquinado, cuellos de botella, entre otros factores que involucren la inactividad del operario.

Es necesario que el operario tenga algún tiempo de ocio o un descanso ya que esto ayudara al rendimiento físico y mental.

1.12.3. Tiempo estándar

Es el tiempo medido desde el inicio al final de un proceso es necesario tener en cuenta que para saber un tiempo estándar se necesita:

- Hacer lecturas de tiempos considerando, sí la variación se muestra en el proceso esta lectura se conserva.
- Si la variación de tiempo no se conserva, puede ser a la falta de habilidad del operario para realizar la tarea.
- Si hay variaciones en una lectura y en la siguiente no existe entonces se debe a la reacción del encargado del cronometro.
- Si no existe variación por alguna causa visible no se debe eliminar se debe realizar nuevamente el proceso.

1.12.4. Ergonomía

La ergonomía es el estudio encargado del trabajo del hombre y su adaptación a los entornos psicológicos, físicos-sociales, esto con el fin de que la productividad y estabilidad física del trabajador sean adecuadas.

La ergonomía quiere encargarse de la individualidad de los trabajadores para que sean lo más eficiente posible a la hora de realizar sus actividades dentro de la empresa, es decir que reduzcan los tiempos y aumenten su productividad creando un ambiente agradable.

En la ergonomía se estudia también la antropometría.

La antropometría es la ciencia que estudia las dimensiones del cuerpo humano, entre las medidas antropométricas están:

- Raza
- Genero
- Edad
- Ocupación
- Vestido

1.13. Tipos de vapor

En la industria de producción de vapor se cuentan con gran cantidad de vapores esto dependerá de la caldera a utilizar y el proceso para el cual se necesite el vapor.

1.13.1. Saturado

Se considera el vapor a la temperatura de ebullición del líquido, el vapor saturado se presenta a presión y temperatura en los vales el vapor y el agua pueden coexistir juntos, es decir, ocurre cuando el rango de vaporización del agua es igual al rango de condensación.

El vapor saturado tiene varias propiedades que lo hacen una gran fuente de calor, siendo particularmente a temperaturas de 100 °C y más elevados.

Algunas de las propiedades son:

- Calentamiento equilibrado a través de la transferencia de calor latente y rapidez.
- La presión puede controlar la temperatura.
- Elevado coeficiente de transferencia de calor.
- Se origina del agua.

Ventajas del vapor saturado:

- Mejora la productividad y calidad del producto.
- La temperatura puede establecerse rápido y precisamente.
- El área de transferencia de calor requerida es menor, que permite la reducción del costo inicial del equipo.
- Vapor más limpio, segura y de bajo costo.

El vapor saturado se utiliza a presión atmosférica, se utiliza para mover máquinas ya sean pistones o bien turbinas, también se utilizan para secar madera, destilación, entre otros.

1.13.2. Seco

El vapor seco es aquel vapor que no posee humedad, se consigue este tipo de vapor llevando el agua al punto de ebullición de 100 °C, es decir, el vapor seco posee solo un 3 % de humedad otorgando una calidad del 97 %. Este tipo de vapor evita que se dañen algunas piezas ya que no deja residuos y también evita que el condensado aparezca, se utiliza para la limpieza, como en hospitales para desinfectar las herramientas y también para la industria alimenticia.

1.13.3. Húmedo

El vapor húmedo es aquel vapor más común, siendo este el que se puede observar en muchas plantas. Cuando el vapor se genera utilizando calderas, generalmente contiene humedad las cuales se presentan en partículas de agua no vaporizadas las cuales son llevadas hacia las líneas donde estas se

distribuyen, inclusive las calderas más modernas contienen de un 3 % a 5 % de humedad.

Cuando el agua llega al estado de saturación comienza a evaporar, esta forma un goteo el cual debe ser compensado con una trapa de vapor.

1.13.4. Sobrecalentado

El vapor sobrecalentado se crea por el sobrecalentamiento del vapor saturado o bien húmedo para alcanzar un punto mayor al de la saturación. Es decir, un vapor que contiene mayor temperatura y menor densidad que el vapor saturado en una misma presión.

El vapor sobrecalentado es usado principalmente para el movimiento-impulso de aplicaciones las turbinas y normalmente no es usado para las aplicaciones de transferencia de calor.

Algunas de las ventajas de usar vapor sobrecalentado:

- Mantener la sequedad del vapor para equipos
- Mejora la eficiencia térmica y capacidad laboral

Las propiedades del vapor sobrecalentado:

- Bajo coeficiente de transferencia de calor
- Temperaturas variables aun a una presión constante
- Calor sensible utilizado para la transferencia de calor
- La temperatura podría ser extremadamente elevada

Desventajas del vapor sobrecalentado:

- Reduce la productividad.
- Se requiere una superficie mayor para la transferencia de calor.
- El vapor sobrecalentado requiere mantener una velocidad elevada, de lo contrario, la temperatura disminuirá ya que se perderá el calor del sistema.
- Las caídas de temperatura pueden tener un impacto negativo en la calidad del producto.
- Se podría requerir materiales más fuertes para la construcción de equipos, esto requerirá un mayor costo.

Por esta y otras razones, es preferible el vapor saturado, por otro lado, desde el punto de vista de usarlo como fuente de calor para un calentamiento directo como un gas de alta temperatura, tiene algunas ventajas por sobre el aire caliente como que puede ser usado como fuente de calentamiento bajo las condiciones de liberación de oxígeno.

2. SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Departamento de mantenimiento

Actualmente, la empresa Inprotex no cuenta con ningún plan en mantenimiento para su maquinaria, entre la maquinaria se encuentra:

- Caldera pirotubular
- Máquinas de confección
- Compresor de aire

Para cada una de las anteriores se otorga un mantenimiento aproximadamente a cada seis u ocho meses sin tomar en cuenta el tipo de aceite a utilizar, el combustible que se suministra a la caldera, los recubrimientos en las tuberías, la pérdida por condensado de vapor, la calidad de vapor con la cual se está trabajando, la eficiencia que posee la caldera y tampoco se toma en cuenta la cantidad calorífica de la caldera.

En la medición de tiempos perdidos no existen indicadores los cuales demuestren cuál es el tiempo perdido por fallas mecánicas.

2.1.1. Distribución y maquinaria

La planta cuenta con 25 metros de ancho por 50 metros de largo, un área de 1 250 metros cuadrados en los cuales se encuentra las áreas administrativas, de producción y de mantenimiento.

2.1.2. Caldera pirotubular

La caldera se encuentra en el área de mantenimiento, la cual debe ser monitoreada por el maquinista; en este caso no cuentan con un especialista encargado en verificar los niveles de agua, la cantidad de vapor producida, el tiempo de funcionamiento de la caldera, la chumacera, los quemadores, entre otros aspectos, para los cuales debe haber una persona encargada.

La caldera se encuentra situada en el cuarto de calderas donde posee el tanque para suministrar el agua, el combustible es suministrado por tuberías de acero inoxidable, el tanque de diésel se encuentra situado en la parte posterior de la planta en una zona fuera.

Figura 2. **Caldera pirotubular**



Fuente: elaboración propia.

2.1.3. Compresor

El compresor está montado a un costado de la caldera lo cual hace un poco incómodo el encendido y apagado del mismo; se decidió colocar en este lado para brindarle la cantidad de aire necesaria para una buena combustión, pero no existe un indicador lo que demuestra que la combustión se está efectuando de manera adecuada, es decir, no se sabe si se le está suministrando la cantidad de aire necesario a la caldera, el compresor es activado por energía eléctrica.

Figura 3. **Compresor**



Fuente: elaboración propia.

2.1.4. Planchas industriales

A lo largo de la línea de producción se encuentran las planchas industriales las cuales son utilizadas para darle los toques finales a las prendas de confección, la tubería utilizada para transportar el vapor generado no posee

ningún recubrimiento, es una tubería de acero inoxidable que cuenta con 4 codos de 90 grados, en los cuales se puede notar oxido; esto puede ser por el condensado que se almacena en estas partes, esto hace que la pureza del vapor disminuya y afecte la maquinaria.

Figura 4. **Planchas industriales**



Fuente: elaboración propia.

2.1.5. Maquinado

El área de maquinado ocupa el 55 % de la planta ya que se cuenta con varias líneas de producción las cuales se dividen en 5 líneas de 6 máquinas por línea.

2.1.6. Remalladora overlock

Utilizan este tipo de máquinas para evitar que las costuras de deshilachen ya que realizan puntadas sobre las costuras.

2.1.7. Plana de tres agujas

Estas máquinas son utilizadas para hacer puntos, pueden hacer costuras pres puentes y centradas.

2.1.8. Puntada cadeneta

Son también conocidas como rectas estas realizan costuras cerradas con un máximo de tres agujas.

2.1.9. Máquina de ojal

Estas son utilizadas para realizar los hojaldres y tiene un mecanismo de cortado automático al finalizar la cadena.

2.1.10. Máquina para costura Interlock

Estas utilizan puntas francesas son capaces de cerrar camisas, mangas, pants deportivos y una gran cantidad de prendas de confección deportiva.

2.2. Historial de mantenimiento

No se registra historial de mantenimientos por lo cual se iniciará desde cero.

2.2.1. Manuales de mantenimiento

No existen manuales de mantenimiento para la maquinaria, la única acción calendarizada es el engrasar y aceitar las máquinas de costura, dicha actividad se realiza cada viernes al finalizar la producción, cuando se laboran los días sábados que por lo habitual así pasa; entonces, hay un grupo de tres personas encargadas de engrasar, aceitar, verificar que todas las máquinas se encuentren en un estado adecuado para su funcionamiento de la siguiente semana, como toda maquinaria eléctrica permanece desconectada cuando no está en funcionamiento.

2.2.2. Tiempo entre servicio de la maquinaria

El tiempo de servicio para la caldera es efectuado a cada seis meses, se revisa el estado exterior de la caldera, se hace la depuración de agua, para la siguiente revisión, es decir los otros seis meses, se revisan los quemadores, el ingreso del combustible, la calidad del aire, las chimeneas.

El compresor es verificado al mismo tiempo que se le da mantenimiento a la caldera es decir a cada seis meses, aunque el uso de este es directamente para otorgar aire a la caldera para que la combustión sea la adecuada con el diésel, también, se le necesita dar un mantenimiento adecuado ya que sus componentes internos tienden al desgaste.

Las máquinas de confección son revisadas cada semana no se tiene registro que se le brinde un servicio completo a la maquinaria, pero se engrasa a cada semana. Las agujas son remplazadas a cada quincena.

2.2.3. Gastos por fallas inesperadas

Los gastos efectuados por maquinaria suceden cuando las máquinas remalladora overlock ya que estas son las que dirigen la producción por la que todas las prendas tienen que pasar al principio si esta máquina detiene una línea de producción puede cambiarse por alguna de stock cuando dos o más se dañan por un mal uso entonces la pérdida de dinero se mira por cada hora que la línea deja de producir; el costo aproximado por hora es de quinientos quetzales tomando en cuenta el tiempo de ocio que esto ocasiona y la cantidad de prendas que dejan de producirse.

2.2.4. Stocks en bodega

En bodega de stocks regularmente dejan la maquinaria en mal estado aproximadamente 15 días, solo tiene a disponibilidad una, si en dado caso falla más de una máquina se detiene la línea completa.

2.2.5. Tiempo de uso en línea de producción

En la línea de producción se manejan aproximadamente 3 minutos por cada máquina en cada línea de producción ya que existen 5 máquinas de confección, entonces, la prenda tiene un total de 15 minutos.

2.3. Descripción de equipo

La descripción del equipo viene dada por los siguientes factores.

2.3.1. Tipo de combustible usados actualmente

Actualmente, la caldera utiliza diésel, como combustible principal, en los últimos años se ha tenido beneficio por el precio que se ha mantenido relativamente bajo.

2.3.2. Tipo de lubricante usado actualmente

En la actualidad no utilizan ningún aceite como combustible en la caldera, no hay una demanda alta ya que los mecanismos de confección ya que estas utilizan muy poca cantidad esto se debe a los historiales del mantenimiento que regularmente se hacen a cada seis meses.

2.3.3. Tipo de tubería

Los tubos utilizados para el transporte de vapor son tubos de acero sin soldadura para los cambios de dirección se utilizan codos a 90 grados.

2.3.4. Recubrimiento que posee la tubería

La tubería no cuenta con ningún recubrimiento está colocada a un metro y medio del sueño y no cuenta con ningún tipo de recubrimiento.

2.3.5. Ubicación de la caldera

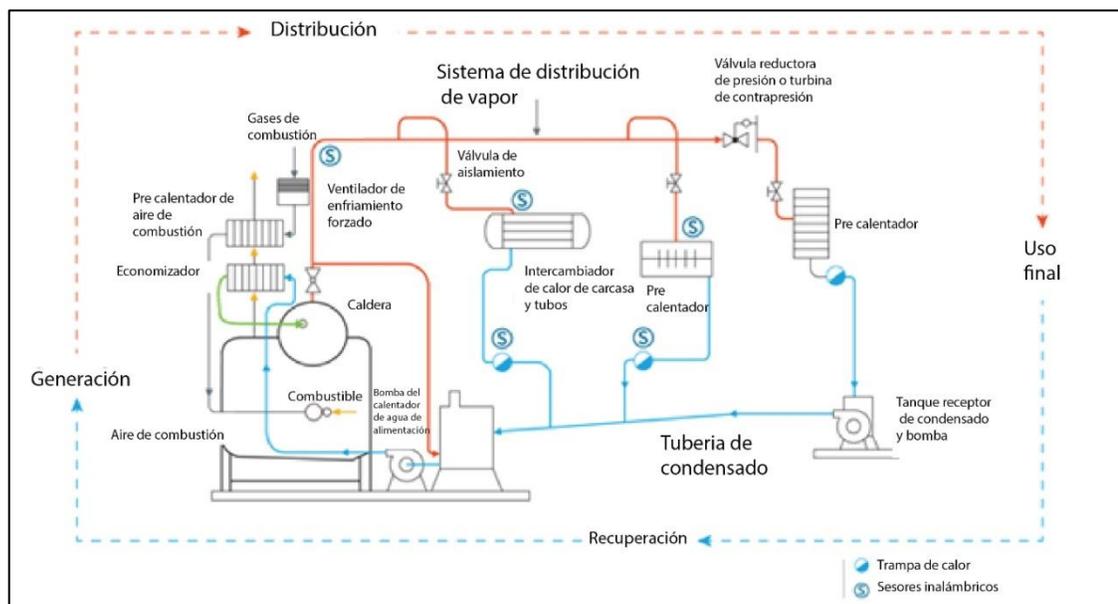
La caldera se encuentra ubicada a un costado de la planta, no cuenta con puerta de seguridad y esta se puede visualizar desde el área de producción. A la par de dicha caldera se encuentra el compresor y los paneles de energía

eléctrica, cuenta con una tubería que suministra el combustible diésel desde la parte exterior de la planta.

2.3.6. Diagrama de distribución

En la instalación de la caldera se representa el proceso a través de un diagrama el cual indica el inicio, distribución generación y recuperación.

Figura 5. Diagrama de distribución



Fuente: elaboración propia.

2.4. Tiempo de uso de la caldera

La caldera por lo general es utilizada cuando un lote de ropa es terminado y se llevan a las planchas, por lo general se utiliza 3 veces al día durante 1 hora.

Laborando 6 días a la semana, el uso mensual de la caldera está alrededor de 72 horas en meses con demanda regular, cuando se hace uso completo de la caldera cuando existe demanda es aproximadamente de 86 horas mensuales

2.4.1. Tipo de mantenimiento actual de la caldera.

El tipo de mantenimiento utilizado en la caldera es un mantenimiento de tipo reactivo.

Esto se debe a que el presupuesto para el área de mantenimiento no está establecido como prioritario, entonces al tener encontrarse con alguna falla mecánica deben asignar presupuesto para la compra de repuesto, en algunas ocasiones cuando surge un desperfecto mecánico en maquinaria de confección se detiene una línea de producción.

2.4.2. Descripción del proceso

En el proceso para verificar que la caldera se encuentre el técnico encargado debe verificar que todo se encuentre adecuado para iniciar el proceso.

2.4.3. Arranque de la caldera

El calderista verifica que el combustible tenga el nivel adecuado, revisa los niveles de agua, luego procede a dar ignición con gas propano para un precalentamiento. Luego de esto procede a verificar que la llama piloto este encendida para así dar paso al combustible principal, abre las válvulas de paso para el aire del compresor, al obtener 50 psi el calderista procede a apagar la

caldera, procede a abrir válvulas de paso para el vapor verificando la presión en los manómetros de salida.

2.4.4. Tipo de agua utilizada en la caldera.

El agua utilizada para producir vapor no tiene ningún tipo de tratamiento, es agua del pozo ubicado en la planta, la cual no tiene ningún tratamiento químico para eliminar impurezas.

2.4.5. Cantidad de aire suministrado

El compresor puede generar 140 psi, pesa 255 kg y posee una potencia de 7,5 Hp y un caudal de 830 litros por minuto, pero a la caldera el compresor solo suministra 50 psi.

2.4.6. Tiempo de funcionamiento

La caldera está en funcionamiento alrededor de tres horas al día en días de mayor producción esta se utiliza 4 horas a 5 horas por día.

2.4.7. Apagado de la caldera

Por lo general el encargado de la caldera suele cortar el suministro de aire del compresor luego de esto cierra la válvula de diésel, luego procede con cerrar las válvulas de paso de agua y al finalizar procese a verificar la presión de vapor contenida, como todos los otros manómetros que indica que todo se encuentra apagado.

2.5. Análisis de diseño

Para el análisis del diseño para su mantenimiento se toma como base el manual de fabricante.

2.5.1. Factores que involucran fallas

Principalmente, las fallas más comunes presentadas en la maquinaria son la falta de experiencia a la hora de manipular los mecanismos de confección, esto es por falta de capacitación y experiencia laborando con este tipo de maquinaria.

En el arranque de la caldera hay varios aspectos que no toman en cuenta como verificar cada uno de los manómetros, utilizar el tiempo exacto de la caldera, la velocidad del vapor en las tuberías. A la hora de apagar la caldera se debe efectuar ciertos pasos los cuales se realizan en un orden, en este caso no es así, no efectúan las purgas de agua, desconectan ante el compresor de aire luego de esto cierran la válvula de combustible.

El agua utilizada para la caldera no tiene un tratamiento lo cual quiere decir que hay posibilidad que dentro de los tubos se creen capas de sarro y esto evite que la transferencia de calor sea la adecuada.

2.5.2. Montaje de equipo

El equipo se encuentra montado en un cuarto donde están los paneles de energía, el control de la bomba de agua, también de combustible.

La caldera se encuentra ubicada al fondo, el área donde se encuentra es un espacio bastante reducido de difícil acceso para darle servicio a la misma, no posee suficientes drenajes la parte inferior por lo que es un poco complicado el hacer las purgas correspondientes al finalizar el uso de la caldera.

2.6. Mantenimiento actual al equipo

El mantenimiento actual de la maquinaria no tiene registros, se hace mediante la utilización o la falla de estas.

2.6.1. Caldera

- Mantenimiento reactivo.
- Se efectúa el mantenimiento a cada 6 meses o cuando se presentan fallas.

2.6.2. Compresor

- Mantenimiento reactivo
- Se efectúa a cada semestre o cuando por defecto este tenga una avería

2.6.3. Maquinado

- Mantenimiento preventivo
- Se efectúa semanalmente
- Para cambio de agujas es quincenal

2.6.4. Bomba de agua

- Mantenimiento reactivo
- Se efectúa anualmente

2.6.5. Tuberías

- Mantenimiento reactivo (si existe)
- No se le da mantenimiento

2.6.6. Sistema eléctrico

- Mantenimiento reactivo.
- Se verifican cargas con multímetros en los tableros, este trabajo no es tomado como importante.
- Se efectúa cambio de flipones, cableado y toma corrientes cuando estas fallan.

2.6.7. Quemadores

- Mantenimiento reactivo
- Se efectúa a cada 6 meses o hasta un año

2.7. Rendimiento actual

El rendimiento actual relaciona los tiempos que se llevan registrados en el control de puestos de trabajo.

2.7.1. Tiempo muerto en maquinaria

Existen tiempos muertos cuando los mecanismos de confección tienen fallas, es decir, son situaciones inesperadas en las cuales la caldera produce vapor y al no terminar el lote de ropa se genera vapor el cual no llega con la misma calidad a las planchas esto produce que el sistema interno quede húmedo y es así como empieza la corrosión dentro del mecanismo de las planchas.

Es así como se genera el tiempo muerto de la caldera y pasar esto se debe parar todo el vapor ya que este pierde sus propiedades y lo único que hace es causar averías en otros equipos.

2.7.2. Carga de vapor

No tiene un dato exacto para la carga de vapor por lo cual se tuvieron que hacer mediciones.

Entonces:

Para un vapor saturado de 0 a 50 pis debe ser de 4 000 ppm a 6 000 ppm, con base en esto se determina que la caída de presión es de 0,5 % a 0,7 % por cada 100 pies de longitud en la tubería.

La carga de vapor es de 0,2827 kg/h con un calor radiante de 177,085 W.

$$Q = \frac{2\pi(T_s - T_{am})}{\frac{l}{\lambda} \ln\left(\frac{d + 2L}{d_t}\right) + \frac{2}{\alpha(d_t + 2L)}}$$

Donde:

- L: espesor del aislamiento
- Tam: temperatura ambiente
- mc: carga del condensado
- Qr: calor radiante
- D1: diámetro externo
- Λ : coeficiente de conductividad térmica
- α : coeficiente de transferencia de calor

2.7.3. Velocidad del vapor

Con base en los datos calculados anteriormente, la velocidad de vapor medida es de 3,3494 m/s. La ecuación utilizada para este cálculo es:

$$v = \frac{m * V}{3600\pi\left(\frac{d}{2}\right)^2}$$
$$v = \frac{(0,061) * (100)}{3600\pi\left(\frac{(0,0254)}{2}\right)^2}$$
$$v = \frac{(6,1)}{3600\pi(0,0127)^2}$$
$$v = \frac{(6,1)}{(1,82414692)}$$
$$v = 3,3494 \frac{m}{s}$$

Donde:

- Ms: rango de vapor medido en kg/h

- V: volumen específico m^3/kg
- D: diámetro
- V: velocidad de vapor m/s

2.7.4. Calidad de vapor

La calidad de vapor es de 0,67 tomando en cuenta la velocidad del vapor y la carga total.

2.8. Seguridad en área de mantenimiento

Se deben limitar todas las áreas donde el personal pueda tener, incidentes o pueda llegar a sufrir un accidente.

2.8.1. Señalización de tuberías

No se cuenta con señales en las tuberías, es decir los operarios pueden estar en contacto con la tubería que transporta vapor y puede sufrir heridas; de igual manera no se cuenta con la señalización adecuada para la tubería de agua y tampoco la tubería que lleva el cableado eléctrico.

2.8.2. Señalización áreas de trabajo y maquinaria

No cuentan con líneas que indiquen cual es la zona segura, hasta donde podemos tener nuestro límite de seguridad; la delimitación y señalización son las herramientas para evitar cualquier tipo de incidente dentro de la empresa.

2.9. Análisis de seguimiento

- Análisis

Se toma en consideración para el análisis la importancia la cual va dependiendo de la maquinaria a analizar, nivel de importancia y aplicación que tendrá en cuanto al mantenimiento que se realiza.

Para determinar el nivel de importancia lo clasificaremos en tres niveles, alta, medio y bajo.

- Alta: toda aquella actividad que se considere como principal para el funcionamiento de la maquinaria.
 - Media: la cual podemos tener flexibilidad, esto no quiere decir que sea de menor importancia.
 - Baja: es toda aquella que se puede omitir de un mantenimiento preventivo/correctivo y se pueda trasladar a mantenimiento correctivo, que no afecte la maquinaria y la productividad.
- Puntos críticos

Para el análisis de puntos críticos se toma en cuenta la actividad de alta prioridad y su nivel de mantenimiento o en este caso la aplicación al mantenimiento. Se encuentra que no existe registro de estas actividades.

Tabla II. **Actividad de alta prioridad**

Actividad	Importancia	Aplicación
Mantenimiento a caldera	Alta	No hay registro
Mantenimiento a máquina de costura	Alta	No hay registro
análisis de costo combustible	Alta	No existe comparativa
función de controles caldera	Alta	No hay registro
Controles comunes	Alta	Se hace mantenimiento correctivo semestral
Control de agua	Alta	No hay registro
Control de aceite	Alta	No hay registro
análisis dimensional de caldera	Alta	Se trabaja con caldera común, no hay interés por cambio de caldera
Tratamiento de agua	Alta	Agua común, no hay pureza en la misma
Control de alimentación de combustible	Alta	No hay registro
Limpieza en tubería	Alta	No hay registro

Fuente: elaboración propia.

3. PROPUESTA PARA REALIZAR EL DISEÑO EN MANTENIMIENTO

3.1. Departamento de Mantenimiento

El Departamento de Mantenimiento debe tener conocimiento de todas las máquinas que se encuentran dentro de la empresa, conocer su funcionamiento y sus posibles fallas.

3.1.1. Tipo de caldera

La caldera utilizada en la empresa Inprotex es una caldera pirotubular, esta caldera está construida de acero soldado, está compuesta por un recipiente de presión, quemadores, controles del quemador, ventiladores, compuertas de aire, bombas de aire, refractaria y componentes adicionales.

Especificaciones de la caldera y componentes principales

- Capacidad clasificada 120 a 350 HP
- Presión de trabajo Vapor 15 – 200 psi
- Combustible Aceite o gas, o combinación
- Ignición Automática
- Acabado interno-vapor Código ASME
- Caldera equipada en forma estándar CB-20
- Acabado interno-agua Código ASME
- Modelo ---

El caballaje de la caldera se indica por los números que siguen a la serie de combustible. En estos términos ----- indican una caldera de gas de ----- HP.

3.1.2. Quemadores

Para que el quemador de aceite tenga un adecuado funcionamiento en la caldera debe ser tipo de baja presión el cual debe tener un mantenimiento mensual, el atomizador por aire de una boquilla debe ser reemplazado cuando se efectuó el mantenimiento del quemador. El tipo de quemador es de orificio sin necesidad de premezcla, los quemadores se encienden por medio de chispa generada por un piloto de gas, el piloto es de tipo interrumpido este tiene el mecanismo de apagado al estar encendida la llama principal.

La guardallama incluye un detector de llama, esto sirve para vigilar la llama del aceite y del gas, y esto sirve como una válvula de emergencia la cual se dispara al tener fallas en la llama; existen otros controles de seguridad los cuales apagan el quemador bajo condiciones donde el agua no se encuentre a nivel óptimo, en presión excesiva de vapor o cuando existe alta temperatura en el agua de alimentación.

El aire de combustión es suministrado por un soplador centrífugo localizado en la puerta delantera. El abastecimiento del aire comprimido llega al quemador el cual está controlado por el actuador de compuerta. Este mismo actuador regula el flujo de gas combustible por medio de un sistema articulado conectado a la válvula de mariposa del gas.

Mantenimiento para quemador:

Tabla III. **Cronograma mantenimiento quemadores**

Tiempo	Tipo mantenimiento	Observación
enero	Correctivo	El mantenimiento correctivo debe ejecutarse inicialmente para llevar un control adecuado y sea lo menos costo en implementación, de este mantenimiento depende si se hace el cambio de piezas o se continúa hasta el siguiente mantenimiento
abril	Preventivo - correctivo	Con base en el mantenimiento anterior se prevé si los quemadores están en condiciones o deben ser cambiados
agosto	Preventivo	se debe hacer revisión para no descuidar el avance del mantenimiento realizado anteriormente
diciembre	Preventivo	en este último se debe dar un dictamen donde se evidencie que las piezas en contacto con el fuego siguen estando en un estado adecuado papara no atrasar la productividad del próximo periodo, se debe hacer un cambio de estos si presentan corrosión o desgaste.

Fuente: elaboración propia.

3.1.3. Función de controles

Se utiliza el término control para hacer referencia a las válvulas más importantes, también algunos componentes principales. El operario encargado de todo este proceso debe conocer el funcionamiento de cada válvula y su ubicación.

Algunos dispositivos de control que se encuentran en esta caldera se enumeran de la siguiente manera.

Tabla IV. **Mantenimiento de controles**

Núm.	Tipo de control	Frecuencia mantenimiento
1	Control común de todas las calderas.	Mensual, el 1 de cada mes
2	Control de vapor.	diario, durante la ignición de la caldera
3	Control de agua caliente o combustible.	Semanal, día sábados para no interrumpir producción
4	Control para alimentación con gas.	Quincenal, 1 de cada mes y 15 del mes
5	Control de alimentación de aceite.	Diario, antes de la ignición de la caldera
6	Control de aceite liviano.	Semanal, día sábados para no interrumpir producción
7	Control de aceite pesado.	Mensual, el 1 de cada mes
8	Control para quemadores combinados	Cuatrimestre

Fuente: elaboración propia.

3.1.4. Controles comunes

Como es normal se encuentran controles en todas las calderas y en esta no es la excepción.

Tabla V. **Mantenimiento controles comunes**

Núm.	Controles comunes	Frecuencia de mantenimiento
1	Motor del ventilador de tiro inducido, este diseño provee a la caldera aire de combustión, en esta caldera lo encontramos como motor soplador.	Semestral, enero y diciembre
2	Arranque del motor del ventilador de tiro inducido.	diario antes de iniciar labores
3	Ventilador de tiro inducido, este suministra todo el aire, bajo presión para la combustión.	anual
4	Transformador de la ignición	mensual, 1 de cada mes
5	Interruptor de baja alimentación de combustible	anual
6	Interruptor de baja alimentación de agua	anual
7	Placa de identificación	Sin mantenimiento
8	Interruptor manual-automático	anual
9	Control manual de llama	diario antes de iniciar labores
10	transformador del motor de modulación	anual

Fuente: elaboración propia.

3.1.5. Controles de vapor

Las válvulas encargadas de controlar el vapor en la caldera utilizada en Inportex son las siguientes:

- Indicador de presión, la cual mide la presión interna de la caldera.
- Control de presión máxima con interruptores para detener la operación del quemador cuando excede la presión preseleccionada.
- El control de presión máxima interrumpe el circuito para detener la operación del quemador seleccionada, este controlador esta normalmente equipado con n restablecimiento manual.
- Control modulación de presión, este percibe cambios en la presión de la caldera y transmite esta información al motor de modulación para que este pueda variar la alimentación del quemador cuando el interruptor se encuentra en automático, de lo contrario el proceso será manual.
- Control de bomba y cierre de bajo nivel de agua, este control efectúa dos funciones.
 - Detiene la alimentación del quemador si el nivel del agua es menor que el nivel de seguro de operación también hace sonar la alarma cuando existen bajos niveles. Este control requiere restablecimiento manual para cerrar la admisión por bajo nivel de agua, esto es requerido para el arranque de los quemadores si existe alguna interrupción del control al detectar que existen bajos niveles de agua.

- Cuando existe bomba de alimentación para mantener el nivel de operación adecuada.
- Dispositivo de cierre auxiliar bajo nivel de agua, este dispositivo no está visible, la función de este dispositivo es detener la operación del quemador en caso de que el agua de la caldera este por debajo del punto de cierre del nivel de agua. Cuando la operación es manual esta requiere que se reposicione para lograr el arranque del quemador nuevamente.
- Placa de instrucción del consumo de bomba, esta suministra información sobre la operación de los dispositivos de control por bajo nivel de agua.
- Columna de agua, el ensamble de esta acomoda el cierre por bajo nivel de agua y el control de la bomba, este contiene un tubo de vidrio donde se entran las llaves de cierre de agua y llaves de prueba.
- Válvula de drenaje de la columna de agua, esta válvula es utilizada para lavar la tubería, también para asistir al mantenimiento de las tuberías de interconexión esto para ayudar a que se mantenga limpio y libre de sedimentos el tazón del flotador también funciona como válvula de drenaje similar al dispositivo de cierre auxiliar de bajo nivel de agua.
- Válvula de drenaje del vidrio de nivel de agua, esta válvula sirve para limpiar el vidrio de nivel de agua.
- Válvula de prueba, esta válvula cumple la función de permitir la salida de aire dentro de la caldera durante el proceso de llenado y esta facilita la inspección rutinaria de la misma.

- Válvula de seguridad, la principal función de esta válvula es aliviar el exceso de presión que está dentro de la caldera, la válvula de seguridad y las tuberías de escape deben instalarse de acuerdo con los requerimientos del código ASME.

3.1.6. Controles de agua

Para el control del agua, en este caso agua caliente, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Indicador de la temperatura del agua, indica la temperatura del agua dentro de la caldera.
- Indicador de presión, indica la presión interna del agua de la caldera.
- Control de temperatura máxima, interrumpe el circuito para detener la operación del quemador cuando la temperatura de la caldera excede el ajuste seleccionado, se ajusta para el arranque o para detener la operación del quemador a una temperatura preseleccionada.
- Control de temperatura máxima de trabajo, interrumpe el circuito para detener la operación del quemado al elevarse la temperatura arriba del ajuste seleccionado. Este control viene generalmente equipado con un restablecimiento manual.
- Control modulador de la temperatura, percibe cambios en las temperaturas de la caldera y transmite esta información al motor de modulación para que varíe la alimentación del quemador cuando el interruptor manual está en automático.

- Dispositivo de cierre de bajo nivel de agua, este dispositivo es el encargado de detener la operación de los quemadores si el nivel del agua dentro de la caldera es menor al de operación.
- Cierre auxiliar de bajo nivel de agua, interrumpe el circuito cuando los niveles de agua dentro de la calderera están por debajo del punto de cierre del nivel de agua principal.
- Válvulas de desahogo, las válvulas de desahogo relevan a la caldera de presiones mayores. Las válvulas de desahogo y sus tuberías de escape deben instalarse a los requerimientos ASME.

3.1.7. Control de alimentación de combustible

Con base en los requerimientos de Inprotex el combustible se transporta por tuberías de acero inoxidable, algunas válvulas utilizadas en la alimentación son las siguientes:

- Válvula del piloto de combustible, válvula solenoide que se abre durante el periodo de la ignición, la cual deja pasar combustible al piloto. Esta válvula se cierra después de establecerse la llama principal, esta secuencia está controlada por el relevador de programación.
- Válvula respiradero del piloto de combustible, el propósito principal de esta válvula es ventilar los gases de la atmosfera en caso haya gas presente en la línea cuando se cierran las válvulas del piloto.
- Llave de cierre del piloto, utilizada para abrir y cerrar manualmente la alimentación del combustible a la válvula del piloto.

- Llave de ajuste del piloto de combustible, sirve para regular el tamaño de la llama.
- Aspirador de piloto, aumenta el flujo de combustible al piloto.
- Indicador de presión, indica la presión de combustible que tiene el piloto.
- Válvula reguladora de la presión del combustible, disminuye la presión del combustible para satisfacer los requisitos del piloto [entre 5° a 10° CDA (17,7 cm a 25,4 cm)].
- Válvula de mariposa, el disco pivotado en esta válvula es activado por una conexión de la leva moduladora de combustible para regular la cantidad del flujo combustible al quemador.
- Leva moduladora de combustible, un ensamble que consiste en un sector oscilante, una serie de tornillos ajustable con cabeza Allen y un resorte perfilado, esta permite la entrada de combustible en cualquier punto del campo de modulación.
- Llave de cierre del combustible principal, para abrir manualmente el suministro principal de combustible, después del regulador de presión e la línea principal de combustible. Una segunda llave de cierre, después de la válvula principal, puede instalarse para poder cerrar la línea de este siempre que se verifiquen las fugas de la válvula principal.
- Válvula respiradero principal de combustible, esta válvula solenoide que esta normalmente abierta y entre las dos válvulas principales de combustible para dejar escapar el gas a la atmosfera en caso de que

exista combustible presente en la línea principal del mismo cuando se desactivan las válvulas. La válvula respiradero se cierra cuando se activa la válvula de paso de combustible.

- Válvula de combustible principal, esta válvula de cierre actuadas eléctricamente que se abren simultáneamente para dejar pasar gas al quemador, la válvula está conectada al circuito de entrecierre de preignición.
- Interruptor de alta presión de combustible, un interruptor actuado a presión que se cierra siempre que la presión en la línea principal sea menor que la presión preseleccionada. En caso la presión sea mayor que este punto, los contactos del interruptor abrirán un circuito provocando el cierre de las válvulas principales. Se utiliza para evitar que se encienda el quemador. Este interruptor esta generalmente equipado con un dispositivo que debe restablecerse manualmente después que el circuito ha fallado.
- Interruptor de baja presión, en caso de que la presión baje del punto adecuado para el funcionamiento, los contactos del interruptor abrirán un circuito provocando el cierre de las válvulas, generalmente está equipado con un dispositivo que debe restablecer manualmente después que el circuito ha fallado.
- Conexión de fugas, esta válvula posee un orificio obstruido que se usa siempre que sea necesario o se desea verificar fugas en la válvula cerrada.

3.1.8. Control de aceite

Para el control de aceite dentro de la caldera se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Bomba de aceite combustible, debido a que la principal función es la transferencia de aceite del tanque de almacenamiento el cual es llevado bajo presión al sistema de quemador debe contar con un mantenimiento trimestral, lo recomendado para la vida útil del lubricante.
- Bomba de aire, suministra aire comprimido para la atomización del aceite, ya que la bomba de aire está en contacto todo el tiempo con el aceite lubricante se programa un mantenimiento correctivo bimensual.
- Filtro de aire, filtra el suministro de aire antes de entrar a la bomba, se debe llevar a cabo el cambio del filtro cuando se retire el aceite de la bomba.
- Válvula de retención, evita el retorno del aceite y del aire a presión cuando la bomba se detiene, por su función fundamental debe llevar un mantenimiento correctivo a mediano plazo.
- Tanque receptor de aire-aceite, mantiene aceite para la lubricación adecuada de la bomba de aire. Separa el aceite lubricante del aire atomizado antes de llegar a la boquilla, el mantenimiento a corto plazo mensual y preventivo es lo ideal para que el tanque receptor cumpla su funcionamiento dentro del proceso de separación.

- Indicador de presión, de aire atomizado, este indica la presión del aire atomizado al inyector del quemador.
- Vidrio del nivel del aceite lubricante, este indica el nivel del aceite lubricante en el tanque receptor del aire.
- Serpentín del aceite lubricante, la función principal es enfriar el aceite antes de que llegue a la bomba de aire, dependiendo del tamaño de la caldera, el serpentín está ubicado ya sea adentro de la puerta o en el conducto de la toma de aire.
- Volador del lubricante, la función principal es filtrar el aceite antes de entrar a la boba de aire.
- Válvula del control de aire, controla el volumen de entrada de aire a fin de regular la presión del aire atomizado que llega a la boquilla del quemador.
- Interruptor de la cámara de aceite, cuando el inyector del quemador no está asegurado, este interruptor abre el circuito limitador hacia la posición adelante requerida para quemar el aceite.
- Interruptor de prueba del aire atomizado, este interruptor trabaja a presión cuyos contactos están cerrados cuando hay suficiente presión de aire atomizado de la bomba para encender el aceite combustible, el mecanismo del interruptor funciona de tal manera que cuando está cerrado la válvula de aceite estarán abiertas de lo contrario permanecerán cerradas.

Dentro de la caldera existen componentes sensibles a los aceites utilizados, para ello se debe tener en cuenta que existe una variación dependiendo de la función que este desempeña.

En los controles enumerados de sección se encuentra aceites livianos, siendo los componentes que utilizan este aceite los siguientes.

- Control del aceite combustible, en esta unidad se encuentran el indicador, el regulador y la válvula requeridos para regular el flujo de aceites combustibles. (componentes principales)
- Válvula medidora de aceite, el vástago de la válvula se mueve para aumentar o disminuir el área del orificio para regular el suministro de aceite combustible a la boquilla del quemador de acuerdo con las variaciones de carga de la caldera.
- Indicador de presión del quemador de aceite, indica la presión del aceite combustible a la válvula medidora.
- Leva moduladora de aceite, consiste en un sector oscilante, una serie de tornillos ajustables con cabeza Allen y un resorte perfilado que permite el ajuste de la entrada de aceite en cualquier punto del campo de modulación.
- Válvula solenoide de aceite, se abre al activarse por los contactos en el programador y permite el flujo del aceite combustible desde la válvula medidora del aceite a la boquilla del quemador.

- Orificio de contrapresión, un limitador de retorno del aceite colocado seguido del regulador del aceite combustible.
- Válvula de desahogo del aceite, crea una desviación del exceso de aceite combustible suministrado y mantiene la presión indicada.

Se describe el plazo del mantenimiento proyectado en el inciso 3.5 Constancia en el mantenimiento de maquinaria.

3.2. Agua de alimentación

El equipo de alimentación de agua tiene que ser inspeccionado, verificando que todos los componentes como válvulas, tubería, bombas alimentadoras y receptores estén debidamente instalados.

Las calderas como parte de un sistema de agua requieren la circulación adecuada del sistema, debe operarse de la forma diseñada para evitar que ocurra choques o fatigas severas, posiblemente perjudiciales, al recipiente de presión.

Según el código ASME las calderas que excedan los 15 psi y superiores de los 1 000 BTU/hr deben tener las siguientes especificaciones para el uso adecuado según la caída de temperatura y la capacidad máxima de circulación.

Tabla VI. **Capacidad máxima de circulación en función de tamaño caldera**

Tamaño de la caldera (HPC)	Energía de salida de la caldera (1000) BTU/Hr	Caída de Temperatura del Sistema (°F)									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
		Capacidad máxima circulación (GPM)									
15	500	100	50	33	25	20	17	14	12	11	10
20	670	134	67	45	33	27	22	19	17	15	13
30	1005	200	100	67	50	40	33	29	25	22	20
40	1340	268	134	89	67	54	45	38	33	30	27
50	1675	335	168	112	84	67	56	48	42	37	33
60	2010	402	201	134	101	80	67	58	50	45	40
70	1345	470	335	157	118	94	78	67	59	52	47
80	2680	536	268	179	134	107	90	77	67	60	54
100	3360	670	335	223	168	135	112	96	84	75	67
125	4185	836	418	279	209	168	140	120	105	93	84
150	5025	1005	503	335	251	201	168	144	126	112	100
200	6695	11340	670	447	335	268	224	192	168	149	134
250	8370	1675	838	558	419	335	280	240	210	186	167
300	10045	2010	1005	670	503	402	335	287	251	223	201
350	11720	2350	1175	784	587	470	392	336	294	261	235
400	13400	2680	1340	895	670	535	447	383	335	298	268
500	16740	3350	1675	1120	838	670	558	479	419	372	335
600	20080	4020	2010	1340	1005	805	670	575	502	448	402
700	23430	4690	2345	1565	1175	940	785	670	585	520	470
800	26780	5360	2680	1785	1340	1075	895	765	670	595	535

Fuente: PYSMENNY, Yevgen. *Cálculo de la transmisión de calor y bancos de tubos aletados.*

p. 13.

3.3. Interior de la caldera

- Eliminación de aire

Para el proceso de eliminación de aire se debe tener una conexión de salida del agua caliente donde se incluye un tubo de inmersión que se extiende de 5,1 cm a 7,6 cm, la función principal de este tubo es reducir las posibilidades de que entre al sistema aire atrapado en la parte superior de la tapa.

Todo el oxígeno o aire liberado en la caldera es aquel que se acumula en la parte del casco.

Para el enrosque del respiradero de aire en la parte superior de la línea central de la caldera deberá concretarse al tanque de expansión o de compresión. Todo volumen de aire atrapado en la parte superior de la caldera encontrará la salida por medio de este enrosque.

- Temperatura mínima del agua de la caldera

La temperatura de operación mínima recomendada para el agua de la caldera es de 77 °C, al utilizar temperatura menor a la indicada se debe disminuir la temperatura de los gases de combustión hasta el punto en el que el vapor de agua se condensa.

Este problema de la condensación es más severo en una unidad que opera intermitentemente y que sea de tamaño exagerada para la carga actual. Otra razón para mantener la temperatura por arriba de los 77 °C es para proporcionar que cuando se caliente el aceite combustible a la temperatura de atomización adecuada ya que este pasa por el precalentado.

- Reemplazo rápido del agua de la caldera

La disposición del sistema y los controles deberán arreglarse de tal forma que se evite la posibilidad de bombear grandes cantidades de agua fría dentro de la caldera caliente, se debe tener en cuenta que el rango del agua debe estar entre 93 °C a 115 °C ya que no se puede administrar agua a 27 °C ya que esto podría causar un choque térmico en el interior de la caldera.

Algunas veces este problema puede evitarse teniendo una bomba de circulación entrelazada con el quemador de manera que el quemador no pueda operar a menos que esté funcionando la bomba de circulación.

- Flujo continuo a través de la caldera

El sistema está conectado de tal manera que en el sistema hay una circulación de agua bajo cualquier condición de operación. La válvula de tres pasos y los controles del sistema se inspeccionan para asegurarse que no hay desvío en el sistema. La circulación constante a través del sistema de la caldera eliminara la posibilidad de estratificación dentro de la unidad y produce mayor uniformidad en las temperaturas del agua en el sistema.

La medida practica que se utiliza para determinar la capacidad de flujo continuo mínima a través de la caldera bajo todas condiciones de operación es la de 0,03 a 0,06 litros por segundo por cada HP de la caldera.

- Caída de presión en la caldera

Toda caldera deberá de tener una caída de presión de menos de tres cargas por pie es decir 1 psi por 2,31 cargas de pie.

- Emplazamiento de la bomba

Para lograr el emplazamiento de la bomba se necesita que la bomba de circulación del sistema succione para que descargue a la carga del sistema, esto hace que la caldera y el tanque de expansión quede en el lado de la bomba, se recomienda colocarla en este sitio ya que disminuye la entrada de aire al sistema y no afecta el cabezal del sistema en la caldera.

También, es recomendado instalar una bomba de circulación auxiliar o de reserva esta está colocada adyacente a la caldera.

- Presión

El diseño del sistema y los requisitos de su empleo determinarán la cantidad de presión ejercida sobre la caldera. Algunos sistemas estarán presurizados con aire o con gas inerte, en ciertos casos el uso de nitrógeno es lo esencial. Se debe proceder con mucha precaución para tener un punto de equilibrio entre presión y temperatura dentro de la caldera, esto se logra verificando que dentro de la caldera este todo completamente húmedo.

Cuando se enciende por primera vez en el día la caldera se debe verificar que tengan una presión igual al sistema, también se recomienda tener un termómetro instalado en la línea de retorno que indica la temperatura del agua que regresa, esto se hace para determinar el agua del suministro; para establecer el diferencial de temperatura.

Al conocer la rapidez de bombeado, el operador puede fácilmente detectar cualquier condición de carga excesiva y tomar la acción correctiva apropiada. Se debe tomar precaución especial de precaver cualquier circunstancia que pudiera ocasionar la introducción de agua fría a la caldera que se encuentra con agua caliente ya que esto provocaría un choque térmico y podría resultar fatal para las personas que se encuentren a una distancia muy cercana a la caldera.

- Operación de la bomba

Las bombas se deben arrancar por medio de un interruptor manual, es deseable interconectar la bomba con el quemador de manera que el quemador no pueda operar a menos que esté funcionando la bomba de circulación.

3.3.1. Tratamiento y acondicionamiento del agua

El tratamiento y acondicionamiento del agua para la caldera dará una máxima eficiencia y larga duración libre de problemas, esto también evitará gastos de mantenimiento.

Se debe tratar el agua de alimentación para que esta no provoque la acumulación de sarro en los tubos, se deben seguir las recomendaciones ya que esto puede provocar corrosiones indeseables en la maquinaria.

Los objetivos principales para el tratamiento del agua son:

- Prevención de depósitos de incrustaciones o sedimentos que perjudiquen el coeficiente de traspaso de calor y que conducen al sobre calentamiento del metal y reparaciones costosas.
- Eliminación de gases corrosivos en el agua de suministros o el de la caldera.
- Prevención del agrietamiento intercrystalino o aquebradización caústica del metal de la caldera.
- Prevención de remanentes de agua y espuma.

Para evitar que sucedan se debe tener un buen tratamiento de agua antes y después de que llegue al sistema de la caldera, esto también depende mucho el origen del agua, sus características químicas, cantidad de agua de remplazo necesaria, practicas operativas de la planta, entre otros. Estos métodos deben contener en su práctica filtración, ablandamiento, desmineralización, desaereación y precalentamiento, luego, viene el tratamiento químico del agua de la caldera.

No se recomienda de ninguna manera utilizar métodos caseros para el tratamiento de la caldera, deben implementarse análisis periódicos del agua de alimentación, del agua en la caldera, y el condensado.

La superficie interior del recipiente de presión de la caldera deberá inspeccionarse con bastante frecuencia para determinar la presencia de contaminantes, acumulación de materiales extraños, corrosión o picaduras.

También es recomendado instalar un medidor de agua de tamaño adecuado en la línea de reemplazo de agua cruda para determinar precisamente el volumen de agua cruda que entra en la caldera, esto para ayudar a mantener condiciones de agua apropiadas en el nivel interior de la caldera.

Se debe seguir estrictamente las recomendaciones para el tratamiento del agua, esto prolongara la vida útil de la caldera, mejorara la eficiencia, mayor calidad y pureza en el vapor y evitara gastos de mantenimiento innecesarios.

3.4. Diseño de mantenimiento

- Llevar a cabo el valor de disponibilidad que se determine
- Lograr darle la vida útil al equipo
- Determinar la fiabilidad de los equipos
- Estar en el rango del presupuesto que se le da al área de mantenimiento

Lo fundamental del diseño de mantenimiento se podría decir que son los cuatro incisos anteriores, con esto se quiere llegar a que la instalación pueda llegar a producir lo planificada para todo un año, el objetivo de un mantenimiento adecuado es tratar de llegar lo más posible a un 0 % de problemas, es lógico que esto no se puede llegar a hacer pero si se trabaja acorde a estándares de mantenimiento se puede tener la menor cantidad de atrasos con pérdida de tiempo y la menor cantidad de gasto en piezas dañadas o en el peor de los casos el remplazo completo de la maquinaria.

Los principales aspectos que se deben tomar en cuenta para una disponibilidad adecuada son:

- La cantidad total de hora que trabajara la maquinaria.
- Cantidad de horas que se deje de manipular la maquinaria, en esto se puede incluir todo aquel tiempo muerto para la maquinaria, ya sea por imprevistos de reparación también llamado mantenimiento correctivo o cuando termine la jornada laboral.
- El total de horas donde la productividad disminuye.

Otro indicador que se debe tomar en cuenta son los indicadores que utiliza la planta para cumplir con su demanda o sus proyecciones mensuales, los aspectos más importantes son:

- La cantidad de horas anuales de producción
- La cantidad de horas donde no utiliza la maquinaria

Se debe perseguir que el parámetro este por encima del valor establecido es decir que sea un 99 % la efectividad del beneficio al costo aplicado.

Entonces se podría decir que lo más importante de un diseño de mantenimiento adecuado sería.

- Mayor disponibilidad de maquinaria sin retrasos por fallas.
- Fiabilidad de que el uso será adecuado y no dará problemas cuando se manipule.
- La vida útil será la indicada por el fabricante.
- El costo será adecuado con el establecido al departamento.

3.4.1. Importancia

Para el equipo que se utiliza en la planta pueden existir varias políticas de mantenimiento individual, las acciones que se pueden llevar a cabo se consideran preventivas, las que se llevan después de la falla son correctivas. Esto crea la idea de tener un mantenimiento que pueda ser llevado a cabo en

cierto lapso donde no se encuentren fallas después y que no se hagan verificaciones antes de lo acordado y generar gastos innecesarios.

La importancia de un buen mantenimiento para la maquinaria también ayudara en la productividad de la planta se puede visualizar de manera que el costo de una implementación va directamente relacionado con la productividad, es decir, que si se cuenta con un mantenimiento inadecuado o en el peor de los casos sin plan de mantenimiento. Habrá atrasos por fallas de maquinaria esto generará que se detenga toda la producción lo cual afecta directo a la productividad, paro por verificación antes de tiempo de la maquinaria generar costos por inspección y detendrá la producción.

Como se quiera visualizar el no tener un diseño de mantenimiento afectara la productividad y esto implicara más costos.

3.4.2. Mantenimiento proactivo

La gestión optimizada que se tendrá en el mantenimiento proactivo y las características que se presentan como ventaja serán:

- Se evitarán las paradas por averías.
- Paradas no planificadas por sobrecalentamiento de maquinaria.
- Alargamiento de los intervalos productivos entre paradas para mantenimiento, minimizar los tiempos de reparación, esto hará que se aumente la disponibilidad de la maquinaria en la planta.
- Evitar las pérdidas de materia prima.

- Ampliar la duración de servicios de los componentes, sustituir la pieza cuando esta llegue al tiempo de vida útil.
- Impedir penalizaciones por retraso en entregas.
- Mejorar la calidad del producto final.
- Evitar accidentes catastróficos.
- Aumenta la seguridad en la planta.
- Aumentar la fiabilidad de la planta.

Al tener todos estos aspectos expuestos el diseño en mantenimiento se hace una parte fundamental en la planta un plan de mantenimiento adecuado para tener una idea clara de las necesidades del equipo utilizado.

3.4.3. Cargas de vapor más limpias

Las cargas de vapor más limpias van ligadas al mantenimiento que tenga la tubería interna, el tratamiento del agua, la combustión de la caldera.

En la caldera se deben tener en consideración el funcionamiento adecuado del nivel de agua, la bomba y punto de contravapor para una mejor calidad de vapor

- Nivel alto de agua: la bomba de alimentación se debe apagar cuando el agua se encuentre en el punto indicado, donde inicialmente este se llena a con presión hasta el nivel óptimo indicado en la caldera.

- La bomba se enciende cuando el nivel de agua está en la marca media, debe estar aproximadamente a 3/4 del límite superior, esto dependerá de la caldera a utilizar.
- Punto de contravapor debe encontrarse por bajo el nivel de agua, el quemador automáticamente se apagará si el nivel de agua baja de este punto.

3.4.4. Vida prolongada de maquinaria

Uno de los objetivos en el diseño adecuado en el plan de mantenimiento es otorgar a la maquinaria una larga vida útil para la instalación donde se vaya a utilizar, se debe tomar en consideración que las plantas presentan un estado de degradación esto va acorde con la planificación se debe tomar en cuenta que no quede fuera de sus objetivos la disponibilidad, la fiabilidad ni el coste de mantenimiento. La vida útil varía dependiendo de que sea su uso y con base en esto se debe tratar cada máquina como un elemento único que debe llevar un proceso de verificación distinto y en un tiempo el cual sea lo más apropiado para aplicar un mantenimiento proactivo.

La esperanza de vida para una instalación industrial (en general) está entre los veinte y treinta años por lo cual se debe tener un costo dirigido al mantenimiento para que la maquinaria cumpla con su ciclo de vida útil.

Para lograr que la vida de la maquinaria sea prolongada se debe considerar que si un mantenimiento está mal gestionado, posee pocas horas dedicadas a tareas preventivas, cuenta con bajo presupuesto, con falta de personal y haciendo reparaciones correctivas no se cumplirá con la vida prolongada del equipo.

3.4.5. Disminución de tiempos en estaciones de trabajo

Para la disminución de tiempos por fallas mecánicas es necesario llevar a cabo el mantenimiento planificado en la constancia de mantenimiento de maquinaria es haciendo evidente que cuando surge un imprevisto en la maquinaria se detiene las líneas lo cual genera tiempos muertos y esto implica costos de operación no estimados.

3.5. Constancia en el mantenimiento de maquinaria

Una de las mejores formas de llevar la constancia en el mantenimiento es tener lo que se conoce como mantenimiento de corto, mediano y largo plazo, en estos tres tipos de mantenimiento existen diferencias únicamente de tiempos en los que se realizan las inspecciones pertinentes.

- Corto plazo

Tabla VII. **Control de aceite (A)**

Núm.	Corto plazo	Maquinaria
1	Trimestral (3)	Bomba de aceite combustible
2	Bimensual (2)	Bomba de aire
3	Trimestral (3)	Filtro de aire
4	Bimensual (2)	Serpentín del aceite lubricante
5	Bimensual (2)	Volador del lubricante

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Control de agua (A)**

Núm.	Corto plazo	Maquinaria
1	mensual (1)	Cierre auxiliar de bajo nivel de agua
2	mensual (1)	Válvula de desahogo

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Control de alimentación de combustible (A)**

Núm.	Corto plazo	Maquinaria
1	Quincenal	Válvula piloto de combustible
2	Semanal	Válvula respiradero del piloto de combustible
3	Semanal	Llave de cierre del piloto
4	mensual	Llave de ajuste del piloto de combustible
5	mensual	Aspirador de piloto
6	mensual	Válvula respiradero principal de combustible
7	mensual	Válvula de combustible principal
8	semanal	Conexión de fugas

Fuente: elaboración propia.

- Mediano plazo

Tabla X. **Control de aceite (B)**

Núm.	Mediano plazo	Maquinaria
1	Semestral (6)	Válvula de retención
2	Semestral (6)	Indicador de presión
3	Semestral (6)	Válvula del control de aire

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Control de agua (B)**

Núm.	Mediano plazo	Maquinaria
1	Semestral (6)	Indicador de la temperatura del agua
2	Semestral (6)	Indicador de presión
3	Semestral (6)	Control de temperatura máxima
4	Semestral (6)	Control modulador de la temperatura

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Control de alimentación de combustible (B)**

Núm.	MEDIANO PLAZO	MAQUINARIA
1	Semestral	Indicador de presión
2	Semestral	Válvula reguladora de la presión del combustible
3	Semestral	Válvula de mariposa
4	Semestral	Leva moduladora de combustible
5	Semestral	Llave de cierre del combustible principal

Fuente: elaboración propia.

- Largo plazo

Tabla XIII. **Control de aceite (C)**

Núm.	Largo plazo	Maquinaria
1	anual	Tanque receptor de aire-aceite
2	anual	Vidrio del nivel del aceite lubricante
3	anual	Interruptor de la cámara de aceite
4	anual	Interruptor de prueba del aire atomizador

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Control de agua (C)**

No.	Largo plazo	Maquinaria
1	anual	Dispositivo de cierre de bajo nivel de agua

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Control de alimentación de combustible (C)**

Núm.	Largo plazo	Maquinaria
1	anual	Dispositivo de cierre de bajo nivel de agua
2	anula	Interruptor de alta presión de combustible
3	anual	Interruptor de baja presión

Fuente: elaboración propia.

Quando se inicia un plan de mantenimiento se debe tener en consideración el tipo de máquina la cual se evaluará.

Como es un plan de mantenimiento inicial entonces se tomará todo el equipo con inspecciones a caroto plazo, esto ayudara a determinar en la primera revisión cuales son las prioridades de la maquinaria; según, los datos de la primera inspección, entonces, se procederá a cambiar entre corto plazo a mediano y largo plazo esto será conforme a las necesidades de cada máquina.

Se precisará de un cronograma el cual indique en qué fecha fue realizado la última inspección y con ello un reporte el cual indique específicamente cuales fueron las acciones tomadas en el momento de la inspección.

El nivel de criterio para la toma de una decisión para validar si necesariamente se deberá aplicar un mantenimiento preventivo o correctivo

esta supervisión se debe llevar a cabo por el encargado en mantenimiento quien dará dictamen de la inspección realizada es por eso por lo que se debe tener un estándar el cual indique si es bueno, regular o necesita reparación al momento.

Si necesita reparación al instante generara un retraso en las líneas de producción, pero esto solo sucederá en la primera inspección que se realice.

3.6. Limpieza de tuberías trimestral

La depuración de residuos dentro de la tubería se efectúa mensualmente, en algunos casos se hace a cada dos meses en este proceso se usan varillas donde se coloca un absorbente en la punta el cual es introducido para extra el agua que queda en los derivaciones o codos.

Se procederá al paro de la maquinaria una vez cada tres meses para limpieza de la tubería, se hace de esta manera debido a la gran cantidad de sarro que genera el agua que no ha sido tratada.

3.6.1. Limpieza superficial internas

Limpieza superficial se debe realizar 2 veces por mes, total al año 10 limpiezas.

Para las superficies internas se utiliza una mezcla de agua oxigenada y bicarbonato de sodio para remover el sarro que se genera en las tuberías, la limpieza efectuada a cada seis meses es mucho más a fondo que la efectuada a cada bimestre o mensual, un contratiempo de esto es hacer una limpieza

innecesaria ya que no se tiene un cronograma para verificar si es conveniente realizarlo a cada mes, bimensual o semestral.

3.6.2. Depósitos

Los depósitos donde se deposita el agua se le da mantenimiento eventual a mediano plazo, la limpieza interna como prevención de la generación de sarro, efectivamente se hace semestral el mantenimiento preventivo.

3.6.3. Prevención de lodo

Por defecto las trampas de la caldera efectúan este trabajo, no se encuentran partículas de lodo en la entrada de la caldera ya que tiene que pasar varios filtros, el filtro del contador de agua, la bomba de sumergible de agua y por consiguiente la entrada de agua a la caldera la cual está protegida por las trampas que trae la caldera, no se encuentran residuos al momento.

3.6.4. Prevención de corrosión

Para evitar a corrosión en las tuberías se recomienda hacer un recubrimiento con galvanizado con zinc antes de instalar la caldera, cuando está ya se encuentra instalada entonces el tratamiento debe proceder al agua de alimentación de la caldera, para esto se debe reducir la dureza del agua con un tanque con filtros de zeolita material aluminosilicatos microporosos.

3.6.5. Grietas en el acero

Para evitar la aparición de grietas en el metal que transporta la carga de vapor se debe controlar la corrosión en el metal ya sea interno o externo se

hace una verificación en la cual se revisa la tubería completa para ver si existe algún derrame de agua condensada, esta verificación se hace semestral.

Tabla XVI. **Cronograma mantenimiento preventivo limpieza de tuberías por mes**

Núm.	Acción por realizar	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	Limpieza de tuberías												
2	Limpieza superficial interna												
3	Limpieza en depósito de agua												
4	Prevención de lodo												
5	Prevención de corrosión												
6	Revisión de grietas en acero												

Fuente: elaboración propia.

3.7. Corrección de maquinado

La corrección para maquinado en la planta surge cuando ocurre una falla al equipo, para el mantenimiento correctivo.

3.7.1. Cambio de agujas

El cambio de agujas se efectúa hasta cuando esta deja de tener filo en la punta un aproximado de 6 meses se planifica cambios de aguja los sábados siendo mantenimiento correctivo-preventivo, existen agujas con cuerpo cuadrado las cuales son utilizadas en varias máquinas en la línea de producción; según el proceso que se esté efectuando varía el estilo de la aguja y el desgaste que esta tiene en su punta.

3.7.2. Lubricación al mecanismo

El coeficiente de fricción entre dos superficies de fricción está influenciado por un gran número de variables, es por esa razón que la lubricación de los mecanismos debe ser constante para la prolongación de la vida útil en la maquinaria, se planifica la acción los días martes, jueves y sábados cada inicio y fin de mes, con base en esto se debe tener en cuenta que la más importante es, la naturaleza y la forma de las superficies, su suavidad, el espacio entre el engrane y la superficie y cojinete, la viscosidad del aceite, la tendencia de 'formación de película' o 'grasa' del aceite, la velocidad de frotamiento, la presión sobre el cojinete, el método de suministro del lubricante y la temperatura.

Tabla XVII. **Cronograma de mantenimiento maquinado**

Núm.	Acción	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
1	Revisión de agujas						
2	Cambio de agujas						
3	Lubricación del mecanismo						

Fuente: elaboración propia.

3.8. Correcciones en el manual sobre el mantenimiento de maquinaria

Las correcciones recomendaciones para todo el maquinado será especificado de la siguiente manera.

3.8.1. Máquinas de coser

Las máquinas de coser industriales deben tener un mantenimiento controlado el cual deberá llevar una lista de comprobación, donde se evidencie los puntos críticos a evaluar, ya que tiene un mayor costo. Las máquinas industriales, a diferencia de las máquinas domésticas, realizan una sola tarea dedicada y son capaces de largas horas de uso y, como tales, tienen partes móviles más grandes y motores mucho más grandes en comparación.

Para efectuar la revisión y prevención de las máquinas de coser se procede a seguir el siguiente cronograma.

Tabla XVIII. **Mantenimiento preventivo por operario**

Núm.	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
1	Porta hilo		Porta hilo		Porta hilo	
2	Prensa tela					
3	Aguja – Arrastra tela - Palanca del tirahilo	Aguja – Arrastra tela - Palanca del tirahilo				
4					Porta bobina - bobina	
5						Variador de velocidad
6	Selector de puntada			Selector de puntada		

Fuente: elaboración propia.

3.8.2. Planchas de vapor

Hay tres tamaños básicos de vaporizadores de ropa: modelos comerciales de piso utilizados en grandes plantas de fabricación y tintorerías, modelos de tamaño mediano para pequeñas empresas como sastres o costureras, y la evolución más reciente en la industria de los vaporizadores: los minivaporizadores portátiles, típicamente para uso doméstico o viajar.

Los vaporizadores relajan las fibras en lugar de aplanarlas como el planchado tradicional, este proceso es más suave para la ropa y elimina las quemaduras. Esto significa que un vaporizador de ropa también se puede usar para eliminar arrugas de telas delicadas como la seda. Los vapores más populares son de mano y fáciles de usar, simplemente cuelgue la prenda, llene el depósito de agua del vaporizador, espere unos minutos a que se caliente y repase el artículo con un movimiento de barrido.

Tabla XIX. **Uso de vaporizador**

Núm.	Tipo de control	Frecuencia mantenimiento
1	Nivel de agua	diario
2	Temperatura trabajo	diario
3	Calidad de vapor	semanal

Fuente: elaboración propia.

3.8.3. Caldera

Una caldera es un recipiente cerrado en el que se calienta el fluido (generalmente agua). El fluido no necesariamente hierve. El fluido calentado o

vaporizado sale de la caldera para su uso en diversos procesos o aplicaciones de calefacción.

Aplicaciones:

- **Teñido:** es el proceso de agregar pigmentos o tintes a las telas para darles su color. Obviamente, esta es una parte importante de dar a los textiles su aspecto preferido, y no sería posible sin las calderas de vapor. La transferencia del tinte a la tela requiere una cantidad precisa de calor y humedad que proporciona el vapor. Dependiendo de los distintos colores, tejidos y otros factores, hay una amplia gama de variables al teñir textiles. Sin embargo, las calderas de vapor permiten calentar el agua y el vapor a temperaturas específicas que son necesarias para teñir los tejidos con el color adecuado.
- **Impresión:** es similar al teñido con respecto a los tejidos, excepto que el estampado agrega diseños o patrones a los tejidos, mientras que el teñido proporciona un color uniforme sobre una hoja entera o un conjunto de textiles. Al igual que el teñido, hay varios métodos diferentes que se pueden usar según el tipo de tejido y el producto terminado. Sin embargo, el vapor es uno de los métodos más comunes utilizados en la impresión textil. Las calderas ayudan a proporcionar las configuraciones específicas de calor y humedad requeridas para realizar impresiones en muchos tipos de telas.

Proceso de acabado:

Naturalmente, el proceso de acabado en la fabricación de textiles puede ser complicado e implica varios pasos. Uno de estos pasos consiste en

vaporizar los textiles para eliminar las arrugas. Usar calor seco o un hierro tradicional también son métodos comunes para eliminar las arrugas de la ropa y otros tipos de textiles. Sin embargo, para ciertos tipos de tejidos, el vapor es el método ideal, por lo que una caldera de vapor es una parte importante del proceso.

3.9. Aceites adecuados para maquinaria

Se toma como referencia los aceites que se utilizan actualmente, para mejorar el rendimiento de la máquina se debe tomar en cuenta los aspectos internos de cada una.

3.9.1. Máquinas de coser

El aceite de máquina de coser más común se conoce como Lily White y en lenguaje técnico industrial se conoce como Juki, Defrix No. 2.

Básicamente es solo aceite de parafina. El SDS dice que se trata de destilados de petróleo, ya sea aceite de parafina pesada muy hidrotratada o aceite de parafina refinada con solvente, con algunas fracciones de petróleo residual que constituyen el 100 % del producto.

Básicamente es un aceite mineral de alta pureza, también conocido como parafina líquida. Esto es diferente del aceite de parafina o aceite de lámpara, que es básicamente queroseno.

Las personas siempre se quejan del wd-40, y realmente se supone que es un agente de desplazamiento de agua, en lugar de un aceite lubricante para máquinas. Sin embargo, otros productos lubricantes funcionan muy bien. Me

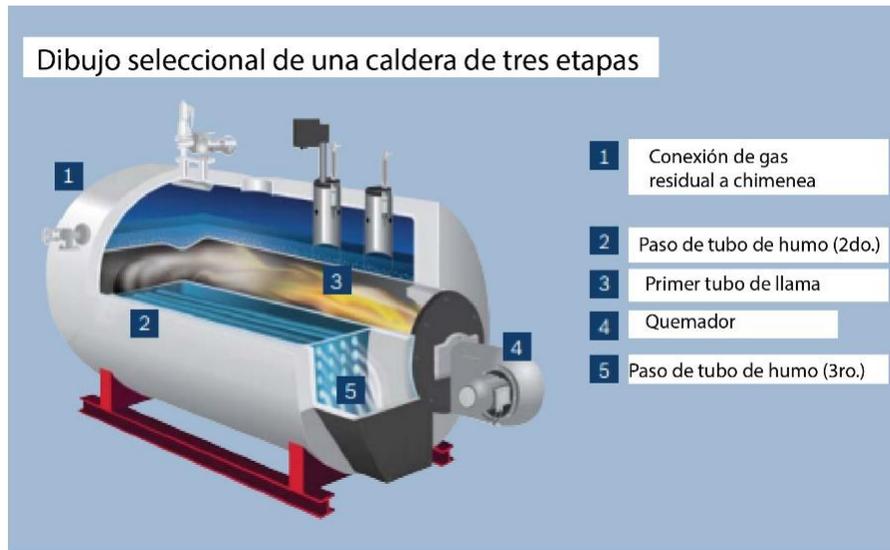
gusta el aceite de triple flujo para bujes y demás, y el aceite de choque de 80 pesos o el aceite de Lucas es excelente para engranajes de metal y nylon.

3.9.2. Caldera

El corazón de un sistema de caldera industrial es una caldera de agua caliente o de vapor que funciona con cierto tipo de combustible. La caldera calienta o evapora el agua en su interior, que luego se transporta a los consumidores a través de sistemas de tuberías.

En el caso del agua caliente, la energía de transporte es generada por las bombas, en el caso del vapor, el transporte se basa en la presión inherente. El agua enfriada o el vapor condensado regresan a la caldera donde se puede volver a calentar. La pérdida de agua debe ser compensada por agua dulce tratada para evitar la corrosión. Los gases de combustión creados por la combustión se descargan a la atmósfera a través de una chimenea. Los sistemas particularmente eficientes utilizan adicionalmente el calor residual en los gases de combustión.

Figura 6. **Capacidad de circulación para tamaño de caldera**



Fuente: elaboración propia.

Lavanderías y empresas de limpieza son un ejemplo de para qué se usa el vapor. Es más fácil deshacerse de las manchas y la suciedad cuando el agua de lavado se calienta. Esta lavadora en casa hace lo mismo, sin embargo, con calefacción eléctrica. En grandes lavanderías esto sería ineficiente ya que la energía eléctrica es demasiado cara. El vapor también se puede utilizar perfectamente para procesos posteriores como el prensado, el uso del mangle, el planchado o el acabado. Conocemos este proceso de planchado con vapor en casa; el vapor simplemente elimina todos los pliegues.

3.9.3. **Compresor**

Un compresor de aire es un dispositivo que convierte la energía (utilizando un motor eléctrico, un motor diésel o de gasolina, entre otros) en energía potencial almacenada en aire presurizado (es decir, aire comprimido). Por uno

de varios métodos, un compresor de aire fuerza más y más aire en un tanque de almacenamiento, lo que aumenta la presión. Cuando la presión del tanque alcanza su límite superior diseñado, el compresor de aire se apaga. El aire comprimido, entonces, se mantiene en el tanque hasta que se pone en uso.

La energía contenida en el aire comprimido se puede utilizar para una variedad de aplicaciones, utilizando la energía cinética del aire a medida que se libera y el tanque se despresuriza. Cuando la presión del tanque alcanza su límite inferior, el compresor de aire se enciende nuevamente y vuelve a presurizar el tanque. Un compresor de aire debe diferenciarse de una bomba porque funciona para cualquier gas / aire, mientras que las bombas funcionan con un líquido.

Los compresores se pueden clasificar según la presión suministrada:

- Compresores de aire de baja presión (LPAC), que tienen una presión de descarga de 150 psi o menos.
- Compresores de presión media que tienen una presión de descarga de 151 psi a 1 000 psi.
- Compresores de aire de alta presión (HPAC), que tienen una presión de descarga superior a 1 000 psi.

También pueden clasificarse según el diseño y el principio de funcionamiento:

- Compresor recíprocante de una etapa
- Compresor recíprocante de dos etapas

- Compresor compuesto
- Compresor de tornillo rotativo
- Compresor de paletas rotativas
- Compresor de desplazamiento
- Compresor turbo
- Compresor centrifugo

3.10. Costos propuestos

El costo propuesto se realiza con base en los precios de todos los suplementos, aditivos y combustible en el mercado.

3.10.1. Implementación de la propuesta

Para la implementación de la propuesta se hace un análisis de costos con base en la demanda que se tiene en la planta de producción, tomando en cuenta los mantenimientos propuestos para mejorar la eficiencia de la maquinaria.

3.10.2. Mantenimiento de la propuesta

La corrección de mal funcionamiento, mantenimiento preventivo y continuo, inspecciones y seguimiento. Las rutinas de mantenimiento desatendidas pueden causar daños a las personas, a los equipos de proceso y al medio ambiente. Los periodos de cierre en las plantas de energía que producen calor en los distritos generalmente están programados para la temporada de verano cuando la demanda de vapor cae estacionalmente en su nivel más bajo, pero en el sector de la industria de la celulosa y el papel, la demanda es operar el mayor tiempo posible entre las paradas.

Los intereses de los propietarios de la planta son que las pérdidas de producción se minimicen y que las interrupciones del proceso sean lo más cortas posible. Los costos de mantenimiento del cierre se consideran altos. Por lo tanto, todo el proceso de mantenimiento, que es inevitable para la continuidad de las operaciones, debe ser eficiente y bien planificado.

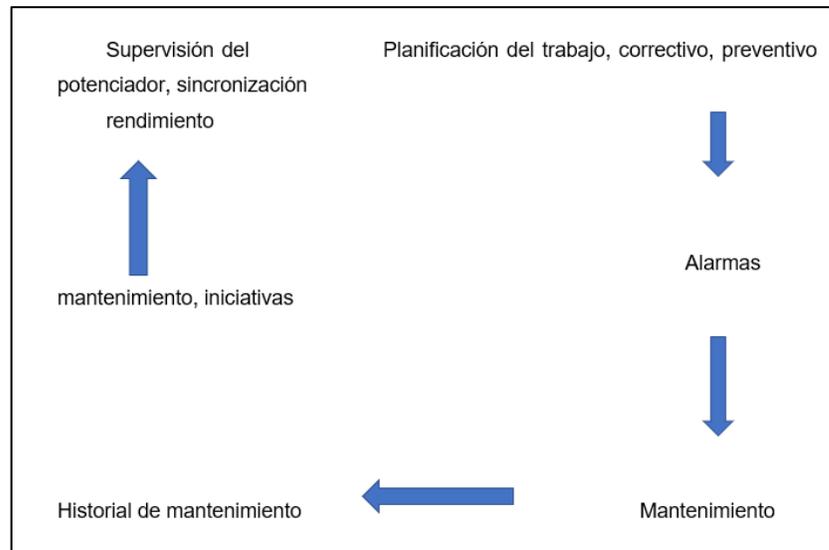
Tabla XX. **Mantenimiento de la propuesta**

Núm.	Acción	Uso de formatos	Especificación
1	Realizar el trabajo de mantenimiento correcto en el momento adecuado (monitoreo del estado, inspección, mantenimiento)	formato para caldera, formato para maquinado, formato para compresor, formato para máquina de coser	Alerta de mantenimiento, correctivo o preventivo
2	Las calificaciones de los autores están aseguradas (operadores, mano de obra de mantenimiento, servicios).		persona que ejecuta mantenimiento
3	Descripciones claras del proceso e instrucciones de trabajo.		Evidencias con fotografías del equipo inspeccionado
4	El mantenimiento se registra en la base de datos del sistema.		Uso de hojas Excel
5	La experiencia operativa se registra en la base de datos del sistema.		Capacitación de personal que ejecuta inspecciones
6	La información se analiza regularmente y el programa de mantenimiento se actualiza según la experiencia.		El encargado del departamento debe realizar un análisis para validar que la inspección se realiza de manera adecuada

Fuente: elaboración propia.

Es esencial determinar que el monitoreo es una operación de guía. El modelo operativo necesita flujo de información entre el monitoreo de la condición y el mantenimiento. El modelo operativo se presenta por figura 7.

Figura 7. **Modelo operativo, el sistema operativo de monitoreo de condiciones y sistemas de información de mantenimiento (kunnossapitoyhdisys ry, 2004,36)**



Fuente: elaboración propia.

3.11. Combustible

Las calderas piro tubulares pueden ser alimentadas con diversas fuentes de energía (combustible) los cuales pueden ser:

Tabla XXI. **Área de parrilla activa**

Area de parrilla activa				
Aceite ligero	Aceite Pesado	Gas natural	Gas líquido	Gas de ciudad

Fuente: elaboración propia.

3.11.1. Bunker

El combustible de bunker o el crudo de bunker es técnicamente cualquier tipo de combustible mucho más económico, pero con menor eficiencia calorífica.

Siendo más económico, pero con más riesgo en los quemadores lo cual implica un mayor enfoque a los quemadores de la caldera, por ende, se utilizará el formato adjunto, CMC.1.1.2019 MANTENIMIENTO (Control de Mantenimiento en Caldera versión 1.1 año 2019, ver anexos).

3.11.2. Aceite SAE 20 W (Sociedad de Ingenieros Automotores)

La Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE) ha establecido un sistema de código numérico para clasificar los aceites de motor de acuerdo con sus características de viscosidad. Los grados de viscosidad originales fueron todos mono-grados, por ejemplo: un aceite de motor típico era un SAE 30. Esto se debe a que todos los aceites se adelgazan cuando se calientan, por lo que para obtener el espesor de película correcto a las temperaturas de operación, los fabricantes de aceite necesitan comenzar con un aceite espeso. Esto significaba que en clima frío sería difícil arrancar el motor, ya que el aceite era demasiado espeso para arrancar. Sin embargo, se introdujo la tecnología de aditivos para aceites que permitía que los aceites adelgazaran más lentamente (es decir, para retener un índice de viscosidad más alto); esto permitió la selección de un aceite más fino para comenzar, por ejemplo. SAE 15W-30, un producto que actúa como un SAE 15 a bajas temperaturas (15W para el invierno) y como un SAE 30 a 100 °C.

3.12. Vapor utilizado

Para tener mayor eficiencia, evitar corrosión en la maquinaria es necesario utilizar una calidad de vapor saturado seco.

3.12.1. Cálida de vapor

La calidad del vapor es la proporción de vapor saturado (vapor) en una mezcla de condensado saturado (líquido) / vapor (vapor). Una calidad de vapor de 0 indica un 100 % de líquido (condensado), mientras que una calidad de vapor de 100 indica un 100 % de vapor. Una (1) libra de vapor con 95 % de vapor y 5 % de arrastre de líquido tiene una calidad de vapor de 0,95. Las mediciones necesarias para obtener una medición de la calidad del vapor son la temperatura, la presión y el contenido de líquido arrastrado. Un alto porcentaje (88 % o más) de los sistemas de vapor industrial utiliza vapor saturado para aplicaciones de proceso. El vapor saturado (es decir, el vapor saturado de energía) es completamente gaseoso y no contiene líquido.

- Vapor saturado: vapor en contacto inmediato con el agua a partir de la cual se genera. Si la presión permanece constante, cualquier pérdida de calor o BTU resultará en condensación.
- Vapor sobrecalentado: si se agrega más calor al vapor saturado seco a una presión constante, lo que aumenta su temperatura y volumen específico, se produce vapor sobrecalentado. El calor debe perderse y la temperatura debe reducirse antes de que se produzca la condensación.
- Vapor instantáneo: cuando el condensado, a la temperatura y presión de saturación, se descarga en una región de presión más baja, se ajusta

automáticamente a las condiciones saturadas a la presión más baja. En efecto, parte del condensado se reevapora en vapor

3.13. Velocidad de vapor

Se usan varias unidades para medir el vapor:

BTU - (Unidad térmica británica) La cantidad de energía térmica necesaria para elevar la temperatura de una libra de agua 1°. Más correctamente, 1/180 de la cantidad de calor requerida para elevar 1 libra de agua de 32° a 212° a la presión atmosférica.

- Presión: la colisión de las moléculas de un gas con las paredes de un recipiente, representadas en PSI, PSIA o PSIG.
- PSI: libras por pulgada cuadrada.
- PSIA: libras por pulgada cuadrada absoluta - incluye presión atmosférica (0 PSIG = 14,7 PSIA).
- PSIA: libras por pulgada cuadrada absoluta - incluye presión atmosférica (0 PSIG = 14,7 PSIA).

Calor sensible - expresado en BTU / lb, el calor requerido para llevar una libra de agua desde el punto de congelación hasta el punto de ebullición correspondiente a cualquier presión. Las presiones más altas significan puntos de ebullición más altos.

Calor latente de la evaporación - expresado en BTU / lb, la cantidad de calor necesaria para convertir una libra de agua en vapor. El calor latente es la energía potencial del vapor o la parte utilizable del vapor. Cuando se liberan o abandonan estos BTU, se produce condensación y se produce una libra de condensados. Tenga en cuenta que a medida que aumenta la presión, el requisito de BTU para cambiar una libra de agua a vapor disminuye.

3.13.1. Carga de vapor

$$Q = SP$$

Carga de gas = velocidad de bombeo x presión

Velocidad de bombeo = (m³ / seg)

Presión = psi, bar

La relación $Q = SP$ solo considera una Q total, o carga de gas. Es decir, todo el gas que ingresa al volumen del sistema por unidad de tiempo. La razón por la que el concepto de carga de gas es tan útil como herramienta de pensamiento es que la carga total de gas se compone de una cantidad de contribuciones más pequeñas. Como cada contribución tiene una fuente, puede comenzar a pensar en todos esos detalles considerando todas las fuentes posibles de carga (s) de gas y lo que significan.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

4.1. Plan de acción

El tipo de servicio que la caldera esta requerida a proporcionar tiene una relación muy importante con el cuidado interno de la misma.

Los puntos por verificar en el cuidado de la caldera son:

- Mantenimiento general de la caldera
- Limpieza interna y externa
- Purgas de agua
- Sistemas de alimentación
- Accesorio
- Control de nivel de líquidos

Si se toman en cuenta estos puntos de control, se tendrá un mantenimiento adecuado para la caldera.

Los requerimientos de agua para la caldera son esenciales para la duración de esta, la atención constante en el área pagara mayor duración en el equipo, menos tiempos perdidos y prevención de reparaciones costosas.

El cuidado que se tome en poner en servicio inicial la caldera es de suma importancia, se deben tener en cuenta los sistemas reconstruidos en este caso la reparación interna ya que pueden quedar residuos de aceites, grasas u otros materiales contaminantes.

Las calderas como parte de un sistema de agua caliente requieren la circulación adecuada y el sistema debe operarse de la forma diseñada para evitar que le ocurran choques o fatigas severas, posiblemente perjudiciales.

4.1.1. Implementación de diseño

Se utilizará formato creado para llevar el control de todos los equipos dentro de la empresa.

Mantenimientos preventivos-correctivos

- Formato de revisión para caldera: CMC.1.1.2019
 - Formato de revisión para caldera: CMC.1.1.1.2019 corto plazo
 - Formato de revisión para caldera: CMC.1.1.2.2019 mediano plazo
 - Formato de revisión para caldera: CMC.1.1.3.2019 largo plazo
- Formato de revisión para compresor: CMCOM.1.1.2019
- Formato de revisión para maquinado: CMM.1.1.2019
- Formato de revisión para máquinas de coser: CMCO.1.1.2019
- Formato de revisión para quemadora: CMQ.1.1.2019
- Formato de control de vapor: CCV.1.1.2019

Ver formatos en anexos

4.1.2. Caldera por utilizar

Caldera pirotubular: se debe tener en cuenta que todas las calderas se fabrican bajo el código ASME (calderas y recipientes a presión).

Las calderas que no operan a más de 15 psi deben operar a no más de 115 °C y se debe tener un control con las válvulas de seguridad.

Tabla XXII. **Cronograma de mantenimiento caldera**

Núm.	Tiempo	Acción
1	Corto plazo	Verificación
2	Mediano plazo	Verificación y reparación
3	Largo plazo	Reparación

Fuente: elaboración propia.

4.1.3. Mantenimiento del quemador y sistema de control

El quemador de aceite es tipo de baja presión, atomizado por aires en la boquilla. El quemador de gas es del tipo orificio este no tiene la necesidad de una premezcla. El quemador debe ser encendido por chispa generada por un piloto de gas. El piloto es de tipo interrumpido y se apaga después de que se ha establecido la llama principal.

Para este tipo de calderas generalmente se utiliza un piloto de aceite liviano, aunque frecuentemente se puede remplazar por uno de gas.

Los quemadores equipados para quemar tanto gas como aceite incluyen el equipo apropiado para cada combustible, en este caso diésel, ya que el quemador usa solamente un tipo de combustible se recomienda usar un selector para gas-aceite.

Es importante saber en todo momento que tipo y modelo de quemador es que se está utilizando esto para evitar hacer compras innecesarias de equipo por equivocación de modelo o serie.

Si no se toma en cuenta el combustible que se usa, el quemador opera con modulación completa esto siempre dentro de los límites de operación certificada (cada quemador tiene sus indicaciones de fabricante).

El funcionamiento es realizado por posicionadores tipo potenciómetro, haciendo que el quemador vuelva a la posición de alimentación mínima para la ignición.

La caldera puede conectarse para modulación de baja y alta precisión durante las horas que no tengan mucha carga esto sí, se debe tener en cuenta que se producirá menos vapor dependiente de una presión más baja de vapor y del tamaño de la boquilla del vapor.

El guardallamas y el relevador de programación incluyen un detector de llama, este es sensitivo a rayos infrarrojos, sirve para vigilar la llama y para apagar el quemador en caso de que la llama falle.

Una de las principales características del sector programador del control proporciona un periodo de prepurga, prueba del piloto y de la llama principal, y un periodo de operación continua del ventilador para la purga posterior de la caldera de todos los vapores de combustible sin quemar. Al igual que otros controles se debe tener conocimiento que si los niveles de agua están muy bajos, excesiva presión de vapor o altas temperaturas este se apagara automáticamente.

Los controles de entrecierre de seguridad incluyen interruptores que comprueban la combustión, el aire atomizado y dependiendo del combustible. Con el modelo varían las características y los controles que comprueban la presión adecuada del combustible.

La secuencia de la operación del quemador, desde que se enciende hasta que se apaga ya que esta está controlada por el relevador de programación en conjunto con los dispositivos de operación, limitador y entrecierre. Las cuales están conectados al circuito para proporcionar una operación segura y proteger contra técnicas incorrectas de operación.

Las calderas pirotubulares tiene el ensamble del quemador en la puerta delantera de la caldera. La puerta puede abrirse completamente para inspección y mantenimiento.

El aire de combustión lo suministra un soplador centrífugo localizado en la puerta delantera. El abastecimiento de aire de combustión al quemador está controlado por el actuador de compuerta. Este mismo actuador regula el flujo de gas combustible por medio de un sistema articulado conectado a la válvula de mariposa del gas, y el flujo del aceite combustible, todo esto por medio de una válvula medidora actuada por levas. El combustible y el aire entran proporcionalmente a fin de producir una combustión más eficiente.

El aire primario filtrado para atomizar el aceite combustible es suministrado independiente del aire para combustión por una bomba de aire.

El circuito del quemador opera con corriente alterna monofásica de 115 voltios, de 60 hertz. El motor del ventilador de tiro forzado opera generalmente con servicio trifásico al voltaje disponible.

4.1.4. Función de los controles para calderas pirotubulares

- Motor del ventilador: el motor impulsa directamente el ventilador con tiro forzado para proveer aire de combustión. Se hace referencia a este componente como motor soplador
- Arranque del ventilador: este es el encargado de darle energía al motor del ventilador del tiro forzado.
- Ventilador: suministra todo el aire, bajo presión, esto es utilizada para la combustión del piloto, del combustible principal y de la purga
- Transformador de ignición: provee chispa de alto voltaje para la ignición del piloto de gas y de aceites livianos
- Interruptor de baja alimentación: se considera como un interruptor auxiliar interno, actuador por la compuerta de eje del motor, este debe encontrarse cerrado para indicar que la compuerta de aire y la válvula medidora del combustible están en posición de baja alimentación antes que pueda ocurrir un ciclo de ignición.
- Interruptor auxiliar de baja alimentación: actuado por leva con el eje del motor, el cual debe encontrarse cerrada para indicar que la compuerta de aire y la válvula medidora del combustible están en la posición de baja alimentación antes que pueda ocurrir un ciclo de ignición.
- La placa de identificación: hace referencia al modelo de la caldera, número de serie y año de fabricación.

- Interruptor manual-automático: cuando se coloca el interruptor en automático, la operación subsecuente del control modular está dirigida a posicionar la demanda de la carga de vapor. Cuando esta se coloca en manual el objetivo principal es comprobar y ajustar la relación de aire combustible lo cual se hace de esta manera para mejorar la eficiencia de la caldera.
- Control manual de llama: se maneja mediante potenciómetro operado manualmente que permite ajustar el motor modular a la regulación deseada de alimentación del quemador, se utiliza principalmente para ajustar la entrada de combustible inicial y subsiguiente durante la operación.
- Transformador del motor de modulación: reduce el voltaje del circuito de control al voltaje requerido.
- Luces de indicadores: provee información visual de la operación de la caldera como, fallas de llama, demanda de carga, válvula de combustible y bajo nivel de agua.
- Detector de llama: monitorea el piloto de gas o aceite y activa el relevador de programación de la llama respuesta a una señal de esta. Algunas calderas tiene detector de sulfuro de plomo.
- Ventilador de tiro forzado: suministra aire de baja presión para la combustión del combustible del piloto del combustible principal.
- Alarmas: suena para notificar al operador de una condición que requiere atención inmediata que requiera atención.

- Interruptor de prueba del aire de combustión: sensitivo a la operación por la presión de aire del ventilador de tiro forzado. Sus contactos se cierran para comprobar la presencia de aire de combustión, la válvula de combustible no puede recibir energía a menos que este interruptor lo permita. El interruptor de prueba del aire de combustión está disponible en todos los quemadores alimentados con gas, por lo general no tiene otro interruptor, solo se utiliza el interruptor de prueba de aire atomizado en el mismo sentido ya que la presencia de aire atomizado proveniente de la bomba de aire, lo que este accionado por correa del motor soplador.
- Compuerta de aire rotatoria: esta compuerta provee un control preciso al aire de combustión, proporcional a la entrada de combustible para las diversas demandas de carga. Consiste en dos cilindros concéntricos con aberturas, el cilindro exterior es estacionario. El interior gira bajo el control del motor de modulación para variar el tamaño efectivo de las aberturas donde se traslapa.
- Difusor: esta es una lámina circular situada al final del horno en la cámara del quemador, que le da un movimiento rotativo turbulento al aire de combustión un poco antes de que entre al horno, suministrado por lo tanto una mezcla completa y eficiente con el combustible.

4.1.4.1. Vapor

- Indicador de presión del vapor: indica la presión interna de la caldera.
- Control de la presión máxima de operación: interrumpe el circuito para detener la operación del quemador cuando la presión excede el ajuste

seleccionado. se ajusta para detener o arrancar el quemador a un ajuste de presión preseleccionado.

- Control de la presión máxima: interrumpe el circuito para detener la operación del quemador cuando la presión excede el ajuste seleccionado, se ajusta para detener el quemador a una presión preseleccionada por encima del ajuste del control de la presión máxima.
- Control modulador de la presión: percibe cambios en las presiones de la caldera y transmite esta información al motor de modulación para que varíe la alimentación del quemador cuando el interruptor está en automático.
- Control de la bomba y cierre de bajo nivel de agua: este control que opera por medio de un flotador responde al nivel del agua de la caldera, el control efectúa dos funciones diferentes.

Detiene la alimentación del quemador si el nivel del agua es menor que el nivel de seguridad óptimo para su funcionamiento activa el indicador de bajo nivel de agua de la caldera.

Arranca y detiene la bomba alimentadora de agua para mantener el agua al nivel de operación adecuada.

- Dispositivo de cierre auxiliar de bajo nivel de agua: este control interrumpe el circuito para detener la operación del quemador en caso el agua de la caldera este por debajo del punto de cierre de nivel de agua principal.

- Válvula de drenaje de la columna de agua: esta válvula sirve para lavar regularmente la columna y la tubería para asistir en el mantenimiento de las tuberías de interconexión y está también ayuda a que se mantenga limpio y libre de sedimento.
- Válvula de seguridad: el propósito de esta válvula es aliviar el exceso de presión sobre la diseñada para la caldera o una presión más baja.

4.1.5. Capacitación para limpieza de tuberías

La tubería de agua y vapor conectada a la caldera puede contener aceite, grasa o materia extraña. Hay que eliminar estas impurezas para evitar daño a las superficies interiores del recipiente de presión. En sistemas de vapor, el condensado deberá eliminarse hasta que se compruebe la eliminación de las impurezas indeseables. Durante el período que se elimina el condensado, se debe prestar atención al tratamiento del agua cruda utilizada como reemplazo, de manera que no ocurra corrosión o acumulación de materiales indeseables.

En sistemas de agua caliente, la limpieza química es generalmente necesaria y se deberá drenar todo el sistema del tratamiento. Para esto se deben utilizar compuestos de limpieza que se pueden encontrar en el mercado.

4.1.6. Limpieza interior

Se debe considerar la limpieza dentro de los tubos para evitar la corrosión interna lo cual con lleva a un deterioro electroquímico de la superficie de la caldera. Se debe tener controlado el ph del agua ya que tiene relación directa sobre las propiedades corrosivas, por ende, se debe considerar el uso de agua tratada que tenga niveles bajos de alcalinidad.

La corrosión dependerá del nivel de penetración, donde se encontrará mayor corrosión es en las zonas muy pequeñas ya que el acceso y la limpieza es más complicado de hacer. La mayor parte de corrosiones se encuentra de forma picada, muescada o ranurado.

El picado es una sucesión de puntos que pueden tener el tamaño de una aguja o pueden llegar a ser tan grandes como una moneda, considerando esto la corrosión tiene efectos negativos ya que se debe controlar la presión admisible es decir debe reducirse conforme la chapa se esté corroyendo.

4.1.7. Limpieza exterior

Los tubos pueden limpiarse externamente por varios métodos. El método específico generalmente está determinado por la accesibilidad de los tubos y el propósito para el cual se deben limpiar. Los tubos de fácil acceso se pueden limpiar con un cepillo de alambre o con chorro de arena. Se prefiere la limpieza con chorro de arena si se sospecha de defectos y se requiere una inspección cercana, ya que todos los depósitos pueden eliminarse y el metal desnudo expuesto. El material refractario debe estar protegido contra la voladura de arenilla.

Todas las superficies brillantes deben limpiarse. La limpieza de solo una parte de las superficies brillantes puede promover el sobrecalentamiento de las superficies limpiadas. Las superficies incrustadas o incrustadas obstruirán la transferencia de calor y harán que las superficies limpias absorban más calor. Por lo general, es físicamente imposible limpiar el economizador o los tubos de convección con un cepillo de alambre o granallado debido a la disposición del tubo. Se pueden usar otros métodos, como el uso de una lanza de vapor o una corriente desde una manguera de agua o un equipo de agua a alta presión. En

tales casos, la limpieza se realiza principalmente para eliminar depósitos externos y mejorar la transferencia de calor.

Antes de recurrir a la limpieza con vapor o agua de los tubos, se debe prestar atención a los posibles daños en el aislamiento refractario y en los trabajos de albañilería, especialmente en un servicio donde se utiliza un combustible con un alto contenido de azufre. Además, para tubos de acero inoxidable, se recomienda usar una solución de ceniza de sosa como se detalla en 6.1.9 y mantener el contenido de cloruro del agua a menos de 50 ppm. Esto minimizará el posible agrietamiento por corrosión bajo tensión de los tubos de las operaciones de limpieza.

4.1.8. Purga de la caldera

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

Los sólidos penetran con el agua de alimentación, aunque ésta hay sido tratada antes del uso por medio de procesos externos para remover sustancias indeseables que contribuyen a la formación de incrustaciones y sedimentos. Sin embargo, ninguno de estos procesos es capaz de remover todas las sustancias por sí mismos y a pesar de su eficiencia, se encuentran algunos sólidos en el agua de alimentación de la caldera.

Los sólidos se hacen menos solubles en el agua cuando esta tiene mayor temperatura y se acumulan en la superficie. Por lo tanto, en tratamiento químico interno es requerido para evitar la formación de incrustaciones y sedimentos perjudiciales.

Las incrustaciones tienen un bajo coeficiente de transferencia de calor y acatan como un tipo de barrera que aísla. Esto retrasa el traspaso de calor, que no solo resulta con menor eficiencia de operación y consecuentemente mayor consumo de combustible, de manera más importante puede causar el recalentamiento del metal de la caldera. Esto puede producir fallas en la tubería o en otros metales de la caldera, causando fallas y reparaciones innecesarias.

La causa principal de la formación de estas incrustaciones es por sales de calcio y magnesio en el agua de la caldera, generalmente se precipitan por el uso de fosfato sódico, junto con materias orgánicas, para mantener estos sedimentos en una forma fluida. Los sólidos tales como las sales de sodio y el polvo disperso no forman incrustaciones fácilmente, tan pronto se evapora el agua en la caldera, el agua sobrante es más condensada con los sólidos. Si se permite que esta concentración y arrastre de agua y el sedimento puede causar depósitos perjudiciales originando en recalentamiento natural.

La disminución o eliminación de estas concentraciones requiere que el agua de la caldera sea purgada.

4.2. Suministro para caldera

Se deben considerar fundamental el reconocer los siguientes sistemas.

4.2.1. Sistema de alimentación

Alimentación y filtración de agua. La operación de la caldera de vapor requiere una fuente de agua confiable: adecuada en calidad, suficiente en cantidad para igualar la velocidad de generación de vapor, disponible a una presión suficientemente superior a la presión de la caldera para asegurar un

flujo adecuado. Todas las calderas necesitan al menos dos fuentes de agua de alimentación. Para las calderas de potencia, las fuentes deben ser independientes. Esto significa que la pérdida de una fuente de energía determinada no puede afectar a ambas fuentes.

Este requisito normalmente se cumple al tener al menos una bomba accionada por vapor y al menos una bomba accionada por motor eléctrico. El agua devuelta por los aparatos del sistema se llama condensado; después del tratamiento, generalmente en un tanque de alimentación de desalineación, se llama agua de alimentación. En los sistemas de calefacción, a menudo no hay tratamiento, y ambos términos se usan arbitrariamente. En todos los casos, el agua introducida para compensar las pérdidas, tanto por diseño como por fugas, se llama alimentación y filtración.

Las calderas de agua caliente también requieren una fuente de filtración de agua. Para calderas de calefacción, una conexión al suministro de agua doméstica a través de una válvula reductora de presión suele ser satisfactoria. Las calderas de agua caliente a alta temperatura, y cualquier otra caldera de agua caliente que pueda dañarse si se enciende con una circulación de agua insuficiente, debe contar con un interruptor de flujo que esté dispuesto para apagar el quemador si el flujo a través de la caldera se reduce a un riesgo de tarifa. Las calderas de hierro fundido requieren cuidado en la introducción de agua de alimentación y filtración.

Algunas sales minerales salen de la solución y se forman a escala cuando se calientan. Si la conexión de agua de reposición se realiza en una sección de caldera, esta balsa se acumulará en un lugar donde sea difícil retirarla. Por lo tanto, la conexión de agua de reposición debe estar en la línea de retorno o de

alimentación justo aguas arriba de la caldera, y la conexión se debe desmontar y limpiar cada vez que se inspecciona la caldera.

Tabla XXIII. Sistema de alimentación

TECHNICAL SPECIFICATIONS																										
Features	Unit	SG 600			SG 800			SG 1000			SG 1200			SG 1500			SG 2000			SG 2200			SG 2500			
Nominal steam production	Kg/h	6000			8000			10000			12000			15000			20000			22000			25000			
Design pressure*	bar	12	15	18	12	15	18	12	15	18	12	15	18	12	15	18	12	15	18	12	15	18	12	15	18	
Min.feed water temp.	°C	90			90			90			90			90			90			90			90			
Thermal efficiency**	%	90	89,5	89	90	89,5	89	90	89,5	89	90	89,5	89	90	89,5	89	90	89,5	89	90	89,5	89	90	89,5	89	
OVERALL DIMENSIONS AND CONNECTIONS																										
L	Length	mm	7400			7950			8350			8900			9400			10300			11000			12000		
W	Width	mm	3250			3250			3600			3600			3750			3750			3900			4000		
H	Height	mm	2900			2900			3250			3300			3550			3800			3800***			3800***		
N2	Steam valve	DN	125	125	100	150	125	100	150	150	125	150	150	150	200	150	150	200	200	200	250	200	250	200	250	200
		PN	16	40	40	16	40	40	16	40	40	16	40	40	16	40	40	16	40	40	16	40	40	16	40	16
N4A N4B	Safety valve outlet	DN	40/ 45	40/ 45	40/ 45	40/ 45	40/ 45	40/ 45	50/ 45	40/ 45	40/ 45	50/ 45	50/ 45	40/ 45	65/ 100	50/ 80	50/ 80	85/ 100	85/ 100	80	50/ 80	65/ 100	80/ 100	65/ 100	85/ 100	65/ 100
		PN	25/ 16	25/ 16	40/ 16	25/ 16	25/ 16	40/ 16	25/ 16	25/ 16	40/ 16	25/ 16	25/ 16	40/ 16	25/ 16	25/ 16	25/ 16									
N9	Boiler drain	DN	40			40			40			40			40			40			40			40		
		PN	16			16			16			16			16			16			16			16		
N 18A 18B	Feed water line****	Ø	3"			3"			4"			4"			4"			5"			5"			6"		
N16	Reversal chamber drain	DN	32			32			32			32			32			32			32			32		
		PN	16			16			16			16			16			16			16			16		
N15	Heavy fuel oil inlet	Ø	2"			2"			2½"			2½"			2½"			2½"			2½"			2½"		
N17	Natural gas inlet	Ø	3"			4"			4"			4"			5"			5"			5"			6"		
N19	Stack connection	mm	600			600			720			720			800			850			920			920		
Empty weight		T	17,0	17,8	18,7	20,0	21,0	22,2	23,0	24,3	25,7	26,0	27,6	29,2	32,0	34,2	36,1	38,0	41,4	43,0	39,5	42	42	40,5	43	
Water volume at level		m ³	9,3			10,0			11,0			13,0			17,7			19,0			22,0			36,0		
Full water volume		m ³	12,3			13,3			15,0			18,0			23,5			26,0			29,3			42,0		
TOTAL ELECTRIC POWER																										
Heavy fuel oil *****	KW	31,3	32,8	34,8	38,8	38,8	42,8	48,8	52,8	52,8	56,8	60,8	64,3	71,1	74,6	78,1	82,6	86,1	101,1	89,0	92,0	92,0	101,0	101,0		
Natural gas or diesel oil	KW	18,5	20,0	22,0	26,0	26,0	30,0	33,0	37,0	37,0	41,0	45,0	48,5	52,0	55,5	59,0	64,0	67,0	67,0	75,0	78,0	78,0	86,0	86,0		
Standard electric power data: 400 V/50 Hz/ - 3 phases Auxiliaries voltage: 220 V																										
FUEL CONSUMPTION																										
Heavy fuel calorific power: 9700 kcal/kg [for actual fuel consumption calculation see Appendix 1].																										
Diesel fuel calorific power: 10200 kcal/kg [for actual fuel consumption calculation see Appendix 1].																										
Natural gas calorific power: 8500 kcal/Nm ³ [for actual fuel consumption calculation see Appendix 1].																										

Fuente: Technical Book. *Fire tube steam boilers SG.*

http://www.autoflame.cl/wpcontent/uploads/2017/05/2013_EN_SG_Light.compressed.pdf,

Consulta: 12 de abril de 2019.

4.2.2. Bombas de alimentación

- Módulo de la bomba PM

El módulo se utiliza para extraer el agua de alimentación del tanque de agua de alimentación en la caldera de la carcasa o para extraer el condensado del tanque de condensado en el sistema de des aireación. El módulo de bomba puede tener opcionalmente un motor con un convertidor de frecuencia para un control de la cantidad de agua infinitamente variable y relacionado con la demanda.

- Construcción de las bombas suministradas

Son bombas centrífugas de alta presión verticales de varias etapas con un motor totalmente cerrado, enfriado por ventilador. Están diseñados especialmente para su uso en calderas de concha. Nivel del equipo: el módulo de la bomba se entrega completamente montado de fábrica en una consola con indicador de presión, cierre, filtro y válvulas de retención.

Figura 8. **Bomba de agua**



Fuente: BARTESAGHI, Ignacio. *La Asean y el Mercosur: similitudes, diferencias y potencialidades*. https://www.bosch-industrial-asean.com/files/BR_BoilerHouseComponents_en_COM_AS.pdf. Consulta: 24 de abril de 2019.

4.2.3. Válvulas de retención

Módulo acumulador de vapor SAM El módulo se utiliza para almacenar un contenido de energía definido que está disponible como vapor de expansión durante la reducción de presión. El área de aplicación es la cobertura de cargas máximas, p. si se excede brevemente la capacidad de un generador de vapor. Cuanto mayor sea el contenido de agua del acumulador, mayor será el calor de reevaporación. El acumulador de vapor se llena al 50 % con agua y se calienta con vapor a la presión de refuerzo. El acumulador se descarga al abrir los dispositivos de cierre en el lado del consumidor. Siempre se alimenta al acumulador exactamente la misma cantidad de vapor que se eliminó anteriormente. Como resultado, generalmente no es necesario suministrar agua

de alimentación adicional al acumulador de vapor durante la operación. Se proporciona una trampa de condensado flotante para evitar un aumento del nivel de agua.

El acumulador de vapor consiste en un contenedor cilíndrico horizontal con un tubo de boquilla de vapor incorporado. Nivel del equipo: el módulo está aislado térmicamente y se entrega con el equipo montado listo para funcionar. El módulo está equipado con una ventilación, un cierre de drenaje, un cierre de llenado, una válvula de entrada y salida de vapor, una válvula de sobre flujo y sobrepresión, una pantalla de temperatura directa y una pantalla de nivel de agua.

4.2.4. Medidores de presión

El funcionamiento seguro de la caldera requiere control de presión dentro de los límites de diseño. Las calderas de vapor requieren al menos dos dispositivos de control de presión, uno para el funcionamiento normal y un control de respaldo de límite alto, y al menos una válvula de seguridad. Las calderas de agua caliente requieren al menos dos dispositivos de control de temperatura, uno para el funcionamiento normal y un control de respaldo de límite alto, y al menos una válvula de alivio. Cada caldera requiere al menos un medidor de presión que debe tener un rango de aproximadamente el doble de la presión de trabajo prevista, pero al menos el 150 % de la presión de trabajo máxima permitida de la caldera.

Las calderas de agua caliente también deben tener un indicador de temperatura que indique la temperatura del agua en o cerca de la salida de la caldera.

Todos los componentes están entubados, aislados térmicamente y cableados eléctricamente en el nivel más alto de calidad del equipo para una unidad de ensamblaje multifuncional. El módulo de servicio de condensado sin presión está montado en un dispositivo de soporte estable y está diseñado para instalarse a nivel del suelo. La planta de alta presión del condensado está preparada para una instalación abierta y necesita un cabezal de succión positivo de al menos 1,5 metros. Todas las funciones están asistidas por computadora y se controlan automáticamente con un controlador programable. Nivel del equipo: el sistema consta de los componentes del tanque de condensado, el módulo de la bomba de condensado, el gabinete de control y el equipo. Las tuberías y el aislamiento térmico del sistema están preinstalados en fábrica.

Figura 9. **Caldera**



Fuente: BARTESAGHI, Ignacio. *La Asean y el Mercosur: similitudes, diferencias y potencialidades*. https://www.bosch-industrial-asean.com/files/BR_BoilerHouseComponents_en_COM_AS.pdf. Consulta: 24 de abril de 2019.

4.3. Control de nivel y seguridad

El nivel correcto de agua en una caldera de vapor es crítico. Si el nivel de agua es demasiado bajo, los extremos superiores de los tubos o la fila superior de tubos se sobrecalentarán, porque el vapor es un medio de transferencia de calor mucho menos efectivo que el agua. El sobrecalentamiento puede aflojar o agrietar los tubos, causando fugas.

En casos extremos, se producirá daño metalúrgico o fusión. Si el nivel de agua es demasiado alto, los dispositivos destinados a eliminar el agua arrastrada del vapor que sale de la caldera se inundarán y se producirá un arrastre de agua. Esto significa que el agua saldrá de la caldera con el vapor, lo que posiblemente causará daños graves en las tuberías, las válvulas y el equipo servido. Las turbinas de vapor son particularmente vulnerables a los daños causados por el arrastre de agua.

El dispositivo fundamental para detectar el nivel de agua es el vidrio indicador. Es imperativo que la imagen del medidor de nivel sea utilizable por los operadores. Para las calderas de tubos de agua grandes, que pueden tener una altura de varios cientos de pies con las salas de control a nivel del suelo, se requiere tecnología. Se pueden usar espejos, circuitos cerrados de televisión o fibra óptica. Debido a que los vidrios de calibre en unidades de muy alta presión tienden a tener problemas de fugas, se han desarrollado otros sistemas de detección de nivel.

Aunque no es práctico para calderas de alta presión, muchos códigos aún requieren llaves de manómetro como respaldo al vidrio del manómetro. Estas son dos o tres válvulas pequeñas que se pueden abrir para determinar si el vapor o el agua están presentes en su nivel. Los grifos están ubicados en

alturas correspondientes al rango de nivel de agua de operación adecuado. Todas las calderas requieren al menos un dispositivo de corte de suministro de combustible de agua baja (LWFCO o LWCO); Cualquier caldera de vapor que no esté continuamente atendida debe tener al menos dos. Un LWFCO apaga el quemador si el nivel del agua cae por debajo del nivel de funcionamiento seguro. Ver GAP.7.1.0.6 para más información. Las calderas de agua caliente no pueden tener un medidor de vidrio.

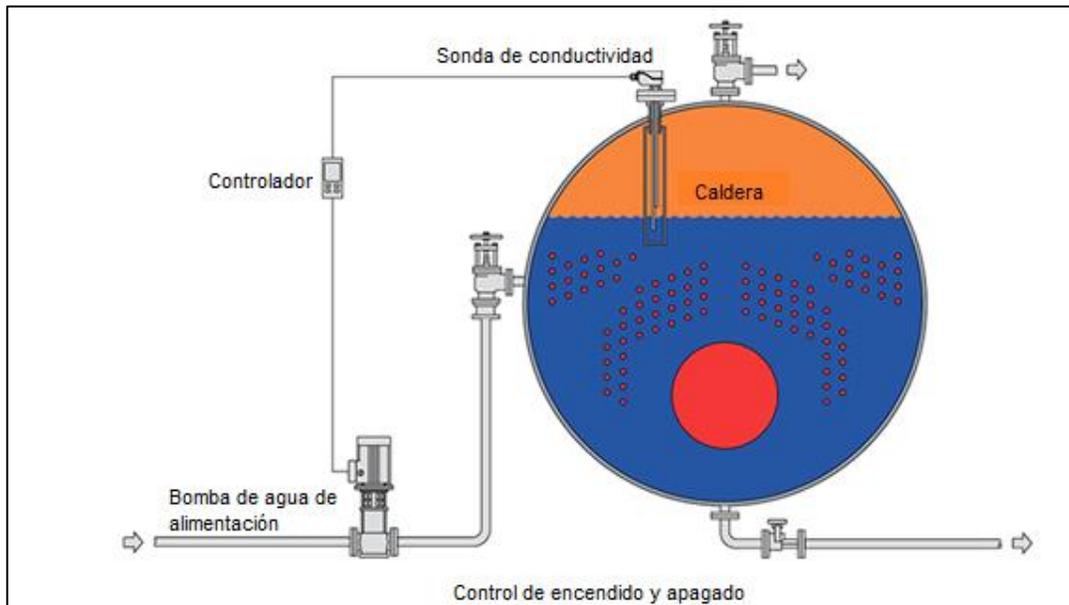
Sin embargo, son igualmente susceptibles a daños severos causados por el sobrecalentamiento en caso de poca agua. Por lo tanto, requieren al menos un LWFCO que debe mantenerse adecuadamente.

4.3.1. Regulador electrónico de nivel

Todos los métodos de detección de nivel descritos hasta ahora pueden utilizarse para producir una señal de activación / desactivación para el control de nivel. El método más común de control de nivel es simplemente iniciar la bomba de alimentación en un nivel bajo y permitir que funcione hasta que se alcance un nivel de agua más alto dentro de la caldera.

- Con un control de nivel de flotación, se utilizará un interruptor magnético con una histéresis incorporada o banda muerta.
- Con las sondas de conductividad, son necesarias dos sondas, (encendido y apagado de bomba) que proporcionarán niveles de conmutación fijos.
- Se puede usar una sonda de capacitancia para dar niveles de encendido / apagado ajustables.

Figura 10. **Control de encendido y apagado**



Fuente: elaboración propia.

4.3.2. **Visor de nivel**

Los vidrios de calibre de caldera pueden ser simples arreglos tubulares simples o tipos de placas dobles más robustos.

- **Aplicaciones**

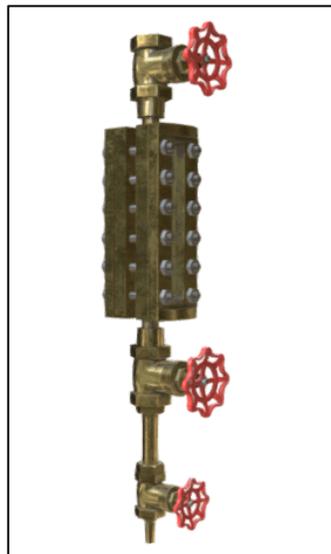
Las calderas que funcionan a presiones más bajas tendrán el vidrio de galga de tipo tubular simple más simple. Las calderas que operan a presiones más altas (típicamente > 33 bar) utilizarán medidores de caldera de doble placa.

Las calderas de tubos de agua en las centrales eléctricas siempre tendrán vidrios de calibre de caldera de placa doble debido a sus altas temperaturas y condiciones de operación de presión.

- Aspectos de seguridad

Es una práctica estándar que las calderas más grandes tengan un mínimo de dos medios locales totalmente independientes para controlar el nivel de agua de la caldera. Una configuración típica es tener dos medios locales y varios medios remotos para monitorear el nivel de agua de la caldera. La configuración exacta utilizada depende de los requisitos legales locales y esto difiere de un país a otro.

Figura 11. **Visor de nivel**



Fuente: AB&Co. *Calderas de vapor de alta presión*. <https://savree.com/en/product/3d-double-plate-type-boiler-gauge-glass/>. Consulta: 10 de mayo de 2019.

4.4. Válvula de seguridad

Módulo acumulador de vapor SAM El módulo se utiliza para almacenar un contenido de energía definido que está disponible como vapor de expansión durante la reducción de presión. El área de aplicación es la cobertura de cargas máximas, p. si se excede brevemente la capacidad de un generador de vapor. Cuanto mayor sea el contenido de agua del acumulador, mayor será el calor de reevaporación.

El acumulador de vapor se llena al 50 % con agua y se calienta con vapor a la presión de refuerzo. El acumulador se descarga al abrir los dispositivos de cierre en el lado del consumidor. Siempre se alimenta al acumulador exactamente la misma cantidad de vapor que se eliminó anteriormente. Como resultado, generalmente no es necesario suministrar agua de alimentación adicional al acumulador de vapor durante la operación. Se proporciona una trampa de condensado flotante para evitar un aumento del nivel de agua.

Figura 12. **Caldera con todos sus controles de seguridad**

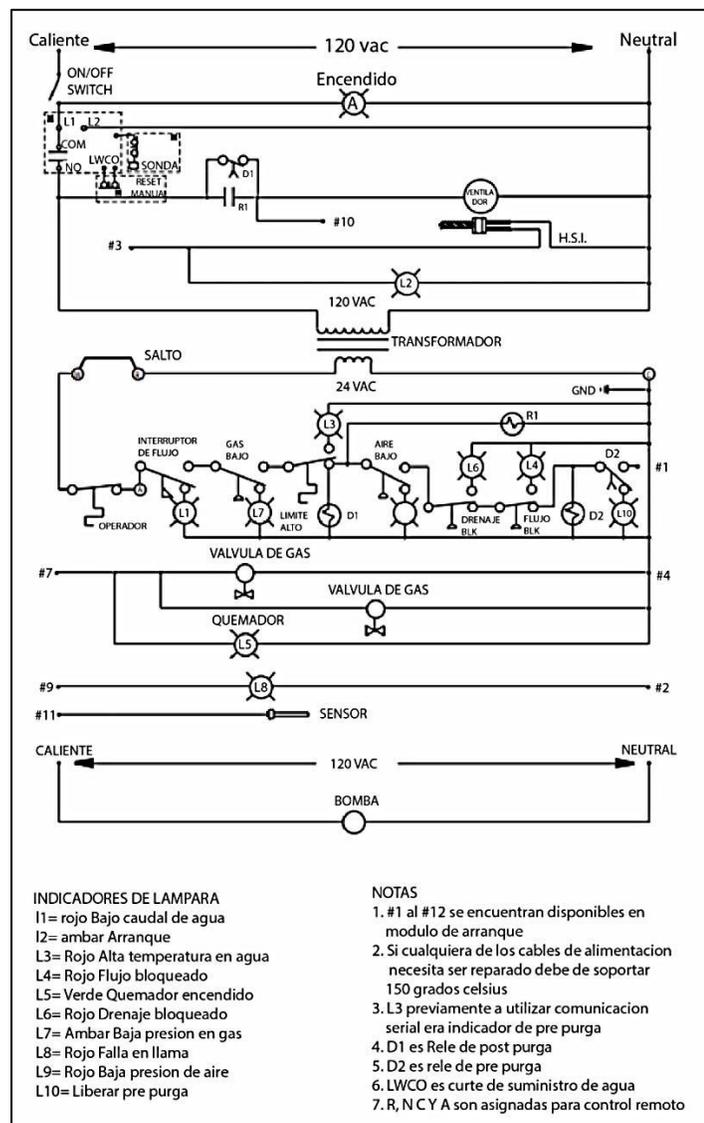


Fuente: Bosch. *Calderas*. https://www.bosch-industrial-asean.com/files/BR_BoilerHouseComponents_en_COM_AS.pdf. Consulta: 10 de mayo de 2019.

4.5. Cuadro eléctrico

Para la instalación del sistema eléctrico se utilizan las instalaciones existentes ya que cumple con las especificaciones de la caldera a utilizar.

Figura 13. Cuadro eléctrico



Fuente: elaboración propia.

4.6. Regulador de temperatura

Módulo de purga, expansión y enfriamiento BEM El propósito del módulo de purga, expansión y enfriamiento BEM es la recuperación de todas las aguas residuales de un sistema de caldera de vapor. Estas aguas residuales se recolectan, expanden y enfrían a la temperatura de descarga permitida y establecida en el módulo. El módulo está diseñado para sistemas de caldera múltiple con un máx. De 3 calderas de vapor. Construcción: un contenedor cerrado y vertical montado sobre una estructura de soporte, con varias conexiones de alimentación y drenaje. La mitad inferior del módulo se llena de agua durante la operación, la mitad superior es el espacio de expansión.

La temperatura predominante del medio se registra y se convierte en una señal eléctrica con el transductor de medición de temperatura en la parte inferior del módulo. El enfriamiento mixto se logra mediante el suministro de tratado de agua fría y ablandada y el agua residual se drena de manera segura cuando se alcanza la temperatura de descarga permitida. La temperatura de descarga se puede controlar mediante el sistema de control del módulo de servicio de agua. Nivel del equipo: el módulo comprende un cilindro vertical sellado con placas en blanco en ambos extremos y alrededor con protección contra el contacto. Se ofrece totalmente ensamblado de fábrica con todos los accesorios necesarios y con aislamiento térmico.

4.6.1. Regulador eléctrico

Un regulador de voltaje se utiliza para regular el nivel de voltaje. Cuando se necesita un voltaje estable y confiable, entonces el regulador de voltaje es el dispositivo preferido. Genera un voltaje de salida fijo que permanece constante

para cualquier cambio en un voltaje de entrada o condiciones de carga. Actúa como un amortiguador para proteger los componentes contra daños.

4.6.2. Interruptor general y diferencia

- Potencia eléctrica para utilizar: 42,8 Kw
- Corriente máxima: $42,8 / (0,400 * 1,7321 * 0,9) = 68,96$ Amp
- Capacidad interruptiva: Flipon principal 3x100 Amp 0,600 Kv

4.6.3. Temporalizado

Control de sistema SCO El SCO combina los controles de calderas de vapor y/o calderas de agua caliente, así como los controles de módulos individuales en un sistema de gestión general y abre una multitud de nuevas posibilidades. La comunicación entre la caldera individual controla el BCO, otros posibles controles y el SCO se realiza a través de un potente sistema de bus. Por lo tanto, el trabajo de cableado y las separaciones de señal se vuelven innecesarios. La conexión a sistemas de control y visualización de nivel superior es posible mediante una interfaz Profibus DP.

4.7. Nuevo manual de mantenimiento

El nuevo manual de mantenimiento debe estar apegado a todas las especificaciones que se le darán a continuación.

4.7.1. Especificaciones

Cuando la caldera comienza la producción de carga máxima, es necesario verificar las condiciones normales para un funcionamiento seguro y económico

continuo. Las temperaturas, las capacidades de presión se medirán con precisión y continuidad y se compararán con las figuras de diseño; en particular, la temperatura del gas de combustión está directamente asociada con la eficiencia: un aumento de esta temperatura es una disminución de la eficiencia.

Un aumento de la presión en el sistema de aire de combustión / gases de combustión indica que los canales de gases de combustión están sucios y que la operación de limpieza es urgente. Es recomendable registrar todas las medidas en un libro de registro y en particular: consumo de combustible, análisis de gases de combustión temperatura de los gases de combustión, presión del aire / gases de combustión, tiempo de operación y carga, cualquier otra nota útil necesaria para crear un banco de datos de la caldera.

4.7.2. Cronograma de mantenimiento

Para el criterio en el cronograma de mantenimiento se tiene establecido el uso en horas de la maquinaria, por lo que se observa en la siguiente tabla.

Tabla XXIV. **Inspección diaria**

Núm.	Tipo de control	Frecuencia mantenimiento
1	Tanto el nivel de agua interno como la presión sobre la instalación deben inspeccionarse diariamente.	Diario
2	Los medidores se deben drenar dos veces al día: coloque el interruptor de corriente de control en 0 y cierre la válvula B. Abra la válvula C durante unos segundos. A continuación, restableciendo B y C a las posiciones de funcionamiento	Diario

Continuación de la tabla XXIV.

3	Los medidores de agua también se deben drenar dos veces al día: -Ajuste el interruptor de corriente de control a 0 y cierre la válvula B. Abra la válvula C durante unos segundos. Restablecer B y C en posiciones de operación. Cierre la válvula A abra la válvula C durante unos segundos. Posteriormente, reinicie A y C a las posiciones de operación. Cierre la válvula A, el drenaje debe confirmarse a través de la mirilla D, durante el proceso de drenaje. El interruptor de corriente de control debe volver a colocarse en la posición de funcionamiento.	Diario
4	Es importante que las válvulas y los grifos estén completamente abiertos después del drenaje de varios componentes. Las obstrucciones en piezas de tubería y accesorios deben ser eliminadas inmediatamente.	Diario
5	Vaciar la caldera a través de un drenaje discontinuo. Analice la caldera y el agua de alimentación, ajustando en consecuencia.	Diario
6	Compruebe constantemente el nivel de agua en el tanque de alimentación o des aireador.	Diario

Fuente: elaboración propia.

Nota: con respecto al mantenimiento diario del quemador, consulte el manual de operación y mantenimiento del proveedor correspondiente.

Se debe utilizar el formato CMC.1.1.1.2019

Inspección semanal:

- El termostato máximo requiere una revisión semanal. Asegúrese de que la perilla de ajuste del termostato esté a una temperatura inferior a la de la caldera. El quemador debe pararse y funcionar mal. restablecer el termostato a la temperatura original.

- Los dispositivos de seguridad deben examinarse semanalmente mediante una cuidadosa iluminación manual de la palanca.
- Semanalmente, inspeccione la masonería frente al paso del fuego para detectar grietas y evidencia de desmoronamiento. La inspección puede realizarse a través de un visor en la parte posterior del quemador al encender la llama. Los daños deben rectificarse de inmediato para evitar quemar el frente de la caldera y el cono del quemador.

Inspección mensual:

- Repare todas las bridas, accesorios y tubos con fugas o proporcione juntas nuevas.
- Abra la puerta frontal y compruebe si hay fugas en las tuberías mediante cepillado. eliminar cualquier punto presente.
- Regulaciones automáticas para inspeccionar por un tercero.
- Compruebe y limpie los electrodos de seguridad de bajo nivel en la báscula.
- Asegúrese de que los electrodos no se escapen al fijarse a la brida.
- Limpie el interruptor de la bomba de alimentación (quite el lodo, entre otros).
- limpiar los filtros necesarios.

4.7.3. Tratamiento de agua

Se logra una máxima eficiencia y larga duración libre de inconvenientes con buenas prácticas técnicas y operacionales en las cuales se incluyen el tratamiento de agua en la alimentación.

Se deben seguir estrictamente las recomendaciones de los fabricantes para prevenir la presencia de sólidos y grasas corrosivas indeseables.

En dado caso no se tenga conocimiento de esto entonces se procederá a lo siguiente:

- Prevención de depósitos de incrustaciones o sedimentos que perjudican el coeficiente de traspaso de calor que conducen al sobrecalentamiento del metal y reparaciones y paralizaciones costosas. Para contrarrestar estos tipos de fallas se deben colocar trampas en la entrada de admisión de agua.
- Eliminación de gases corrosivos en el agua de suministro o el de la caldera.
- Prevención del agrietamiento intercrystalino o aquebradización caustica del metal de la caldera.
- Prevención de remanentes en el agua y espuma.

El logro de estos objetivos generalmente requiere un adecuado tratamiento de agua de alimentación antes y después de que llegue al sistema en la caldera. La selección de procesos de pretratamiento depende del origen

del agua, su característica química, cantidad de agua de remplazo necesaria, practicas operativas de la planta, entre otros.

Estos métodos de tratamiento incluyen filtración, ablandamiento desmineralización, desaireación y precalentamiento. Después de todo este proceso viene el tratamiento químico de la caldera.

Se debe tener en cuenta que ningún compuesto para caldera puede considerarse el mejor ni tampoco es aconsejable experimentar con métodos de tratamiento clandestinos o bien llamados caseros. Las recomendaciones correctas y su empleo deben incrementarse con análisis periódicos del agua de alimentación, del agua en la caldera y el condensado.

La superficie interior del recipiente de presión de la caldera deberá inspeccionarse con bastante frecuencia para determinar la presencia de contaminantes, acumulación de materia extraña, corrosión o picaduras. Si se detectan estas condiciones, se debe verificar los objetivos antes mencionados.

Se recomienda un medidor de agua de tamaño adecuado en la línea de reemplazo de agua cruda para determinar precisamente el volumen de agua cruda para determinar precisamente el volumen de agua cruda que entra a la caldera para (vapor o agua caliente) para ayudar a mantener condiciones de agua apropiadas en el nivel interior de la caldera.

Existe la teoría que la caldera de agua caliente no necesita tratamiento de agua, esto es totalmente falso todas las calderas deben tener un tratamiento de agua para evitar que el sarro u otros contaminantes eviten el paso tanto del agua como del vapor condensado. Se debe seguir estrictamente las recomendaciones técnicas para el tratamiento de agua, aunque estas unidades

generalmente operan en sistemas cerradas y la purga se practica muy poco, es necesario permanecer alerta a pérdidas de agua en el sistema y se recomienda el uso de un medidor de agua para la línea de agua.

4.8. Limpieza de caldera pirotubular

La tubería de agua y vapor conectada a la caldera puede contener aceite, grasa o materia extraña. Hay que eliminar estas impurezas para evitar daño a las superficies interiores del recipiente de presión. En sistemas de vapor, el condensado deberá eliminarse hasta que se compruebe la eliminación de las impurezas indeseables. Durante el período que se elimina el condensado, se debe prestar atención al tratamiento del agua cruda utilizada como reemplazo, de manera que no ocurra corrosión o acumulación de materiales indeseables.

En sistemas de agua caliente, la limpieza química es generalmente necesaria y se deberá drenar todo el sistema del tratamiento. Para esto se debe utilizar compuestos de limpieza que se pueden encontrar en el mercado.

El nivel interior de la caldera debe mantenerse libre de grasa, sedimentos y materiales extraños. Tales depósitos, si se encuentra, de lo contrario deben implementarse, no solo reducen la duración del recipiente de presión e interfieren con la operación eficiente y funcionamiento de los dispositivos de control y de seguridad, pero también pueden hacer necesario reparaciones, paralizaciones y reelaboración, las cuales son innecesarias y costosas.

Deberán considerarse las condiciones de instalación y operación a las cuales estará sujeta la caldera, y la limpieza del interior del nivel de recipiente de presión deberá de efectuarse durante el arranque inicial.

La caldera y la tubería de entrada y vapor presentan en efecto un sistema cerrado. Aunque las líneas de retorno (donde ocurre el condensado), tubería de agua caliente y la tubería de vapor se hayan limpiado es posible que presenten inconvenientes es debido a los siguientes aspectos.

- La limpieza haya sido inadecuada.
- Todo o parte del sistema sea viejo.
- Las condiciones impidan efectuar limpieza adecuada a la tubería (lugares muy estrechos, poca visibilidad en la tubería, entre otros).

El nivel interior del recipiente deberá inspeccionarse periódicamente. Esto revelará las condiciones internas reales y servirá como verificación contra condiciones indicadas por el análisis químico del agua de la caldera. La inspección deberá efectuarse tres meses después de arranque inicial y a intervalos metódicos de 6, 9 o 12 meses de ahí en adelante. La frecuencia de las inspecciones periódicas adicionales dependerá de las condiciones internas que se encuentren.

Debe removerse con lavado a presión cualquier cantidad de grasa, lodo o sedimentos que se encuentre. Se verificará la eficiencia de la purga de la caldera y la planificación o frecuencia de la purga podría necesitar revisión, también se indicará la necesidad de drenajes o lavados a presión periódicos.

Cualquier cantidad de aceite o grasa en las superficies de calefacción deberán removerse inmediatamente con una solución de detergente alcalina.

4.9. Lavado inicial de unidad nueva

Las superficies internas de una caldera recién instalada pueden tener aceite, grasa u otros revestimientos protectivos usados durante la fabricación. Tales revestimientos deben removerse ya que bajan el coeficiente de transmisión de calor y pueden causar el recalentamiento de la tubería. Antes de comenzar los procedimientos de limpieza con soluciones químicas, el quemador deberá estar listo para encenderse. El operador debe estar familiarizado con el procedimiento para poder obtener una ignición inicial exitosa.

Los químicos sugeridos para la limpieza de la caldera son el fosfato trisódico y la soda cáustica. Las cantidades varían de acuerdo con las condiciones, pero se sugiere una libra de cada químico por cada 50 galones de agua.

El procedimiento general sugerido para la limpieza de la caldera es el siguiente:

- Con forme al tabal mostrada anteriormente determinar la capacidad de agua necesaria. Tenga disponible suficiente material de limpieza para completar el trabajo.
- Se sugiere que el químico utilizado se disuelva. Ponga agua tibia en un recipiente adecuado. Agregue lentamente el químico seco al agua, agüite constantemente hasta que el químico se diluya completamente. Agregue el químico despacio y en cantidades pequeñas para evitar calor excesivo y turbulencias. (Para el uso de cualquier producto químico para la limpieza se debe utilizar protección adecuada, mascarilla, guates, ropa protectora evitando el contacto con la piel o cualquier parte del cuerpo).

- Se debe fijar un tubo de rebose a una de las aberturas en la parte superior de la caldera dirigiéndolo a un lugar seguro de descargue. Generalmente se usa un enrosque hembra de una válvula de desahogo o puede ser de seguridad.
- Las válvulas de desahogo de agua y las válvulas de seguridad de vapor deben quitarse antes de agregar la solución química para el lavado, de manera que ni la solución ni la grasa puedan tener, contaminen estas válvulas. Tenga cuidado al quitar y retirar las válvulas.
- Todas las válvulas en la tubería que se dirijan o vengan del sistema deben cerrarse para prevenir que la solución de limpieza entre al sistema.
- Llene el recipiente de presión con agua limpia hasta cubrir todos los tubos. Agregue la solución de limpieza y luego llene completamente. La temperatura del agua utilizada en este llenado inicial deberá ser temperatura ambiente.
- Luego la caldera se deberá encender intermitentemente con la llama lo suficientemente baja para mantener la solución en el punto preciso de ebullición. Hierva el agua por lo menos durante 5 a 6 horas sin llevarla a la producción de vapor.
- Permita que un poco de agua fresca entre en la caldera para que esta se rebalse un poco y así elimina las impurezas de la superficie.
- Continúe hirviendo y rebalsando hasta que el agua salga clara. Luego apague el quemador.

- Dejarla enfriar a menos de 49 °C, luego drene la caldera teniendo cuidado que el agua sea descargada con seguridad.
- Remueva las tapas de la compuerta de acceso manual y lave bien las superficies del nivel interior de la caldera usando un chorro de agua de alta presión.
- Inspeccione las superficies del nivel interior de la caldera. Si no están limpios se debe repetir la operación.
- Después de cerrar las aberturas e instalar de nuevo las válvulas de desahogo y de seguridad, llene la caldera y encienda hasta que la temperatura del agua llegue a los 82 °C a fin de eliminar cualquier gas disuelto que de otra forma pudiera corroer el metal.

El procedimiento anterior puede omitirse si se sabe que la caldera está limpia internamente sin embargo, se debe considerar la posibilidad de que haya entrado en la caldera materiales contaminantes provenientes del sistema.

En un sistema de vapor, el condensado debe eliminarse hasta que las pruebas muestren la eliminación de impurezas indeseables. Durante el periodo de eliminación del condensado, se debe prestar atención al tratamiento de agua cruda usando como reemplazo, de manera que no ocurra acumulación de materiales indeseables o corrosión.

En un sistema de caldera, la limpieza química es generalmente necesaria y se deberá drenar todo el sistema después del tratamiento. Se recomienda consultar a una compañía de tratamiento de agua.

4.9.1. Lavado a presión de caldera

En un sistema de caldera acuatubular que haya tenido un lavado inicial, que se haya llenado de agua cruda, y sin agregar agua de reemplazo, no requerirá limpieza adicional o tratamiento. Sin embargo, ya que el sistema puede permitir la entrada de aire y haber algún escape de agua que ha pasado desapercibido, debe considerar que la posibilidad que la entrada de agua cruda puede conducir a la formación de picadura, corrosión y formación de grasa, sedimento, incrustaciones entre otros aspectos que pueden dañar la estructura interna de la caldera

4.9.2. Purga de agua

Procedimiento de inflamación:

- Verificar el certificado de aptitud física y su fecha de validez.
- Verificar la presión de trabajo máxima permitida que se indica mediante una línea roja en el manómetro de presión instalado.
- Comprobar y cerrar las válvulas de drenaje.
- Abrir los grifos de agua y vapor del vaso del medidor de agua y cerrar su llave de drenaje.
- Limpiar y examinar el filtro en el sistema de agua de alimentación.

- Abrir la válvula de salida del tanque de agua de alimentación, y asegurarse de que el nivel de agua en el tanque sea al menos la mitad del vidrio indicador.
- Verificar el nivel del tanque de servicio diario de gasolina y drenar el agua presente.
- Limpiar y examinar los filtros en el sistema de gasolina.
- Cerrar la válvula principal de parada de vapor y abrir la salida de aire.
- Encender la fuente de alimentación. La bomba de agua de alimentación suministrará automáticamente agua a la caldera hasta aproximadamente un vaso de medio calibre.
- La bomba de gasolina arrancará automáticamente. La gasolina si es diésel pesado, circulará a través del calentador de gasolina hasta alcanzar la temperatura de funcionamiento deseada.
- El motor del soplador arrancará y purgará el horno durante al menos 1-2 minutos para eliminar cualquier gas combustible acumulado en el horno y evitar un retroceso.
- El quemador se encenderá de acuerdo con una secuencia automática, inicialmente a baja velocidad de incendio.
- Cuando salga vapor de la salida de aire, cierre la salida de aire y cambie a alta velocidad de incendio. La presión del vapor aumentará gradualmente a la presión de trabajo normal.

- Revisar el vidrio indicador, la válvula de seguridad y todos los dispositivos de seguridad automáticos para asegurarse de que funcionan normalmente.
- Abrir la válvula de vapor muy lentamente para permitir el calentamiento y el drenaje de las tuberías de vapor frío para evitar daños debidos al golpe de ariete.

4.9.3. Inspección periódica

Inspección anual:

- Vacíe la caldera y limpie anualmente las conexiones de agua y gases de combustión.
- Inspeccione el interior de la caldera en busca de incrustaciones y si la corrosión por picadura ha afectado los componentes calentados. En caso de que se demuestre que ese es el caso, el tratamiento del agua debería mejorarse en la consulta con un experto en la materia. Se debe inspeccionar la caldera para detectar signos de fugas.
- La formación de incrustaciones graves (más de 0,25 mm) debe eliminarse químicamente. De nuevo, en consulta con un experto en la materia.
- después de la renovación de la empaquetadura, todas las tapas de inspección de hombre, lodo y otras deben reensamblarse y todos los pernos de grasa con grasa de grafito.

- Inspeccione la mampostería del quemador para detectar grietas y daños.
- Con respecto al mantenimiento del quemador, consulte el manual de operación y mantenimiento del proveedor correspondiente.
- siguiendo el procedimiento de cocción, vuelva a apretar los pernos de los orificios de inspección pertinentes.

4.10. Mejora para combustión

Para la mejora del combustible se debe tener en cuenta, tipo de combustible a utilizar, pureza del combustible si en dado caso se utiliza Diesel.

4.10.1. Tipo de combustible

Asumimos que están que calcular el consumo de combustible de gas natural para la producción de 5 500 kg/h de vapor saturado, la presión de trabajo es de 13 bar, la caldera de vapor de tubo de fuego es un vapor sg-600 con economizador. La temperatura del agua de alimentación es de 90 grados centígrados.

Como la producción de vapor nominal de la caldera de vapor de tubo de fuego al vapor SG 600 es 6 000 kg/h, la producción de vapor real blanco es 5 500 kg/h, calculamos la carga con la siguiente ecuación (agua de alimentación $T = 90$ grados centígrados)

Figura 14. **Cálculo de carga**

$$\text{Carga \%} = \frac{\text{Producción de vapor real}}{\text{Producción nominal de vapor}} \cdot 100\% \qquad \text{Carga \%} = \frac{5500}{6000} \cdot 100\% = 95\%$$

Fuente: elaboración propia.

4.11. **Cantidad de aire para la combustión**

Para el control de la cantidad de aire necesario para combustión, también llamado aire secundario, es suministrado por ventiladores de tiro inducido los cuales se encuentran en la puerta delantera de la caldera. En la operación de la caldera se genera presión de aire el cual se acumula en todo el cabezal y es forzado a través de una placa difusora para lograr una mezcla completa con el combustible para una combustión más eficiente.

El suministro de aire secundario al quemador se controla al reducir automáticamente la velocidad de salida del ventilador mediante la regulación de la compuerta, esto suministra la cantidad adecuada de aire para la relación correcta de aire a combustible para una eficiente combustión en toda la escala del encendido.

Uno de los principales factores externos que podemos notar cuando una combustión es adecuada será en las chimeneas de la caldera, si el humo de salida es muy blanco entonces estamos inyectando mucha mayor cantidad de aire, en cuanto el humo de las chimeneas sea muy oscuro entonces se le está inyectando mayor cantidad de combustible.

4.12. Tipo de quemador

Controlador integrado del quemador BCU (Unidad de control del quemador), certificado SIL3. Manejo de la secuencia de arranque del quemador, protección contra las llamas y sistema de prueba de la válvula de gas (VPS) de acuerdo con EN298 y EN1643 Control micrométrico de relación gas/aire (GARC) de acuerdo con la norma EN 12067/2 Regulación de nivel de hasta tres elementos con flujo de vapor y control de flujo de agua de alimentación. Gestión del inversor instalado en la bomba de agua de alimentación y en el motor del ventilador para lograr el máximo ahorro de energía y reducir el nivel de ruido.

Gestión de recuperación de calor y registro de ahorro de energía para Beneficios ecológicos Logro Gestión integrada de los sistemas de reducción de contaminantes en la chimenea (muy baja emisión de NOx) Recorte de combustión de oxígeno y monóxido de carbono Sistema de monitoreo continuo de emisiones en cumplimiento con la legislación local 24/72 h funcionamiento sin supervisión continua, en cumplimiento con EN 12953-6 y UNI/TS 11325-3, con registro de salidas de pruebas periódicas Registro de datos históricos, alertas y notificaciones por SMS Totalización del consumo de agua y combustible, producción de vapor, tiempo de operación de la caldera y las bombas. Sistema de reparto de la carga entre más calderas en la misma sala de calderas. Gestión de des aireadores, sistema de tratamiento de agua y equipo auxiliar. Puerto LAN para control remoto y supervisión. Mantenimiento y servicio de BONO a través de Internet. O modem GPRS.

4.13. Ignición automática

El quemador se activa por un tipo de piloto automático. La llama del piloto se enciende automáticamente por una chispa eléctrica.

Un quemador de la serie 100 está equipado generalmente con un piloto encendido por combustible liviano. Todos otros quemadores, como uno de la serie 100 que cumple con los requisitos para el funcionamiento adecuado, en el caso de un quemador combinado, el piloto de gas se usa para encender la llama principal o la llama primaria en algunas ocasiones conocida como llama de aceite.

Al inicio del ciclo de ignición, el controlado por el relevador de programación, se activan simultáneamente la válvula solenoide del piloto y el transformador de la ignición.

El transformador de la ignición suministra corriente de alto voltaje para la chispa de encendido. Un piloto de gas tiene un solo electrodo y una chispa forma un arco entre la punta del electrodo y la pared del tubo que lo encierra. Un piloto de aceite liviano tiene dos electrodos y el arco se forma entre dos puntas. La válvula solenoide del piloto y el transformador se desactivan después que se enciende y se establece la llama principal.

El combustible para el piloto de gas es suministrado por la línea de que lleva el combustible hasta el quemador. El aire secundario penetra y se mezcla con el flujo de gas del piloto para proporcionar la llama adecuada. Algunas regulaciones de seguros pueden requerir dos solenoides del piloto de gas con la válvula respiradera normalmente abierta entre ambos. La válvula respiradera se cierra cuando se abren las válvulas del piloto, y se abre cuando las válvulas

del piloto se cierran para ventilar el gas, en caso esté presente en la línea del piloto durante el periodo de desactivación de la válvula del piloto.

El combustible para un piloto de aceite liviano viene de la línea que suministra combustible a baja presión para la llama principal. Una válvula actuada por solenoide controla el flujo de aceite a la boquilla del piloto. Esta válvula se activa simultáneamente con el transformador de la ignición al comienzo del ciclo de ignición y se desactiva después que se enciende y se establece la llama primaria.

4.14. Flujo de gas combustible

El sistema de flujo de gas combustible se indica por las flechas y se muestran los controles pertinentes. También se muestran el flujo de aire de combustión el cual está indicado por un tipo de flecha diferente.

El gas procedente de la línea de combustible fluye a través de un regulador de presión con reducción adecuada para los requerimientos del quemador. A través de la llave de cierre principal del gas, válvula de gas principal y válvula de gas moduladora tipo mariposa hacia el quemador tipo orificio.

La válvula de gas principal es del tipo que esta normalmente cerrada y se abre por medio del control de programación.

La válvula de mariposa del gas modula el flujo del gas de baja a alta alimentación. La posición del disco de la válvula mariposa está controlada por la leva de modulación de gas. La válvula de mariposa del gas y la compuerta de control de aire se controlan simultáneamente por el motor modulador para

repartir la combustión de aire y el combustible para ajustar a los cambios en la demanda de carga.

La cantidad de flujo de gas requerido para el consumo nominal del quemador depende del coeficiente de calor que esta medido en $\frac{BTU}{M^3}$ del gas suministrado. El regulador de presión de gas ajusta la presión del gas a la entrada del tren de gas. El regulador no siempre se provee con el quemador, pero puede ser suministrado por otros.

La válvula de gas principal no se puede abrir a menos que el interruptor de prueba del aire de combustión esté cerrado para indicar suficientes suministros de aire de combustión. Los interruptores de baja y alta presión de gas deben estar cerrados para comprobar que existe suficiente, pero no en exceso, presión de gas combustible.

Cuando se usan dos válvulas de gas principal se instala una válvula respiradera normalmente abierta entre ellas. Esta válvula permanece cerrada cuando las válvulas de gas principales están abiertas. Cuando están cerradas, la válvula respiradera está abierta para ventilar el gas en caso lo haya.

4.15. Caudal de agua necesario

El caudal de agua necesario se mide por la capacidad de la caldera, es decir se mide el volumen necesario para las planchas entonces debe ser proporcional el ingreso para evitar daños en la maquinaria.

Tabla XXV. **Caudal de agua necesario**

Caldera HP	Flujo gpm	Flujo lbs/hr
50	4	1,725
75	5	2,587
100	7	3,450
150	10	5,175
175	12	6,037
200	14	6,900
225	16	7,762
250	17	8,625
275	19	9,487
300	21	10,350
350	24	12,075
400	28	13,800
500	34	17,260
750	58	25,875
1,000	69	34,500
1,500	104	51,750
2,000	138	69,000
2,500	172	86,250
3,000	207	103,000
3,500	242	120,750
4,000	275	138,000
4,500	310	155,250
5,000	345	172,500
10,000	689	345,000

Fuente: Calderas industriales. *Calderas a gas y combustibles*. <https://www.reskem.com/boiler-feed-water-flow-rate-requirements-chart/>. Consulta: 15 de mayo de 2019.

En este caso se utilizará la caldera SG 800 alimentada con gas natural, de 26 KW.

En este caso se tendrá un valor máximo de 8 000 kg/h por lo que el caudal necesario de agua debe ser de 133,33 litros por minuto al utilizarse a capacidad máxima.

Utilizando la tabla de capacidad promedio debe existir un caudal necesario de 34 galones por minuto o 120 litros por minuto; por lo que el caudal debe ser de 120 a 133 litros por minuto utilizando ambos criterios.

4.16. Lubricantes

- Serie 100 – aceite liviano
- Serie 200 – aceite liviano
- Serie 300 – aceite pesado
- Serie 400 – aceite pesado
- Serie 500 – aceite pesado

4.17. Control para aceite liviano

El control para aceites livianos a tomar en cuenta es:

- Controlador de aceite, se debe tener en cuenta un montaje que combina en una sola unidad el indicador, el regulador y la válvula requeridos para regular el flujo del aceite combustible.

Los componentes principales son:

- Arranque del motor del ventilado de aire forzado.

- Módulos enchufables a como se requieran para; conmutar selectores gas-aceite, interruptor calentador de aceite, interruptor para boba de agua y relé de purga de aire.
 - Amplificador de llama.
 - Relevador de llama.
 - Control de guardallama y del programador.
 - Botón de reposición del interruptor de cierre.
 - Tronillo fijador del interruptor.
 - Luces indicadoras.
 - Interruptor del quemador.
 - Control manual de la llama.
 - Receptáculo del medidor de la señal de la llama.
 - Indicador del cronometro.
 - Modulo programador.
 - Cronometro.
- Válvula medidora del aceite: el vástago de la válvula medidora se mueve para aumentar o disminuir el área del orificio para regular el suministro de aceite combustible a la boquilla del quemador de acuerdo con las variaciones de carga de la caldera. El movimiento del vástago lo controla el motor de la moduladora por medio de interconexiones y la leva medidora.
 - Leva moduladora de aceite: un montaje que consiste en un selector oscilante, una serie de tornillos ajustables con cabeza Allen y un resorte perfilado que permite el ajuste de la entrada de aceite en cualquier punto del campo de modulación.

- Indicador de presión del quemador de aceite: indica la presión del aceite combustible a la válvula medidora.
- Regulador de presión de aceite: para ajustar la presión del aceite en la válvula medidora.
- Válvula solenoide del aceite: se abre al activarse para los contactos en el programador y permite el flujo del aceite combustible desde la válvula medidora del aceite a la boquilla del quemador.
- Válvula del piloto de aceite liviano: cuando se provee este piloto, se suministra una válvula solenoide para regular el flujo de combustible a la boquilla del piloto. Se activa por los contactos del programador cuando se desea la ignición del piloto después que se enciende y se establece la llama principal.
- Orificio de contrapresión: se utiliza contrapresión para que actúe como un limitador en la línea de retorno del aceite colocado posterior del regulador de aceite.
- Colocador del aceite combustible: evita que materias extrañas entren al sistema de quemador.
- Válvula de desahogo del aceite: desvía el exceso de aceite y ayuda a mantener la presión indicada.

4.18. Control para aceite pesado

Para el control de los aceites pesados se deben tener en consideración los siguientes aspectos.

- Coladores de aceite: utilizados para evitar el ingreso de material extraño a los sistemas de calefacción.
- Calentador de aceite: se utiliza para calentar aceite de esta manera se producirá vapor o agua caliente para la calefacción, tomando en consideración que el calentador debe apagarse durante periodos extendidos de paralización de actividades o en cualquier tiempo que se pare la bomba de trasiego.
- Interruptor de calentador de aceite: activa manualmente el sistema de calendar de aceite.
- Calentador de aceite: calienta el aceite por medio de vapor, este se encuentra alojado en el calentador de vapor, pero separado en un calentador de agua caliente, estos operan a la presión de la caldera, si la caldera es de alta presión los calentadores deben operar a 15 psi.
- Termostato del calentador de aceite: se encarga de percibir la temperatura del aceite y controla la apertura y cierre de la válvula para mantener la temperatura requerida del aceite.
- Bomba reforzadora de agua: va enlazada con el termostato para un arranque automatizado el cual regula la temperatura del aceite.

- Válvula de admisión del calentador de aceite: el funcionamiento de esta válvula es determinar el flujo de vapor al calentador para mantener la temperatura de igual manera su funcionamiento es con base en el termostato del calentador.
- Regulador de presión del calentador de aceite: es utilizado para reducir la presión al calentador por lo general trabaja con 15 psi.
- Regulador de presión: ajusta la presión en la válvula del medidor.
- Indicador de presión de aceite remoto: indica la presión del aceite al lado del retorno del regulador del aceite.
- Válvula de retención de purgas de aire: la válvula de retención evita que entre el aceite en la línea de aire atomizado.
- Relevador de purga de aire: cuando se activa controla la operación de la válvula de purga de aire.

4.18.1. Cantidad necesaria de aceite

No utilizara aceite, maquinaria funcionara con gas natural.

4.18.2. Flujo de aceite combustible

El sistema de flujo de aceite permite que este llegue al sistema por una bomba de alimentación que lo distribuye, el exceso de aceite regresa al tanque de almacenamiento por medio de válvulas de desahogo.

Con normalidad esta bomba opera solamente cuando el quemador está funcionando, aunque a menudo se provee un interruptor posicionador para que se pueda lograr una operación continua.

El aceite fluye a través de un colador del aceite el cual esta suministrado para evitar que materiales extraños pasen a través de las válvulas para evitar que materiales extraños interrumpen el paso en las boquillas. Por lo general el controlador de aceite combustible contiene en una sola unidad, la válvula medidora, un regulador y un manómetro el cual indica la presión.

El funcionamiento del regulador activa o desactiva la válvula solenoide para permitir o parar el flujo, el cual es controlado por el movimiento del vástago en la válvula medidora del aceite que varía el flujo para satisfacer la demanda de carga. La válvula medidora y la compuerta de aire se controlan simultáneamente todo el tiempo por el motor modulador para repartir proporcionalmente el aire de combustión y combustible para ajustar a los cambios en las demandas de carga.

4.19. Eficiencia de la maquinaria

Para que la maquinaria tenga mayor eficiencia y sea rentable la adquisición se debe considerar que el mantenimiento puntual es fundamental para aprovechar el mayor porcentaje en cuanto a la eficiencia.

4.19.1. Disminución de espuma

La calidad del agua constituye uno de los factores más importantes en cuanto a la duración, la seguridad y la fiabilidad del generador de vapor y, por lo tanto, de toda la central térmica. Los elementos del 'circuito de agua' se

componen esencialmente de: sistema de tratamiento de agua no purificada: trata las aguas disponibles, haciéndolas adecuadas para la reintegración en la planta.

Los métodos de tratamiento más comunes son: filtros, suavizantes, plantas de ósmosis inversa, desmineralizadores, entre otros. Desgasificador termofísico: se compone de un tanque de acumulación donde el condensado que retorna de los servicios públicos y la reintegración del agua convergen. El calentamiento tiene lugar dentro del desgasificador introduciendo un caudal de vapor regulado.

El propósito del tratamiento es eliminar las fracciones gaseosas disueltas en el agua de alimentación, particularmente considerando el oxígeno. Unidad de control de dosificación de productos químicos: se compone de uno o más tanques equipados con bombas dosificadoras reguladas manualmente, que envían los productos químicos al circuito de suministro de agua. Algunos productos químicos deben almacenarse en un tanque equipado con agitador.

Salida del fondo de la caldera y purga de superficie: permiten mantener la cantidad de sales disueltas y la cantidad de lodo dentro del tambor de la caldera dentro de los límites previstos. La cantidad de las operaciones de purga continua está estrechamente relacionada con el porcentaje de sólidos totales en el agua de la caldera: la asistencia de un laboratorio especializado en el análisis del agua puede ayudar a definir la cantidad real y la frecuencia de las operaciones de purga necesarias para mantener las concentraciones normales.

Tabla XXVI. **Propiedades del agua necesarias para disminución de espuma**

Parámetros	Unidad	Alimentación de las propiedades del agua según	
Presión operacional (k)	bar (=0,1 MPA)	0,5 < X < 20	X>20
Apariencia	/	Limpio para solidos suspendidos	
Conductividad directa con los 25 grados Celsius	μS/cm	no especificado	
Valor de pH a los 25 grados Celsius (a)	/	> 9,2(b)	> 9,2(b)
Dureza total (ca + Mg)	mmol/l	<0,01(c)	<0,01
concentración de hierro (Fe)	mg/l	<0,3	<0,1
Concentración de cobre (Cu)	mg/l	<0,05	<0,03
Concentración de sílice (SiO)	mg/l	no especificado	
Concentración de oxígeno	mg/l	<0,05(d)	<0,02
Concentración de aceite/grasa	mg/l	<1	<1
Concentración de sustancias orgánicas	/	Requisitos de calidad del agua de alimentación para la mejor operación	

Fuente: elaboración propia.

4.20. Porcentaje de vapor producido con el mantenimiento adecuado

La medición del vapor adecuad se representará como porcentaje en cuanto a la pureza de este, será tomado del vapor real sobre el nominal que se encuentra en la caldera.

Figura 15. **Cálculo de vapor**

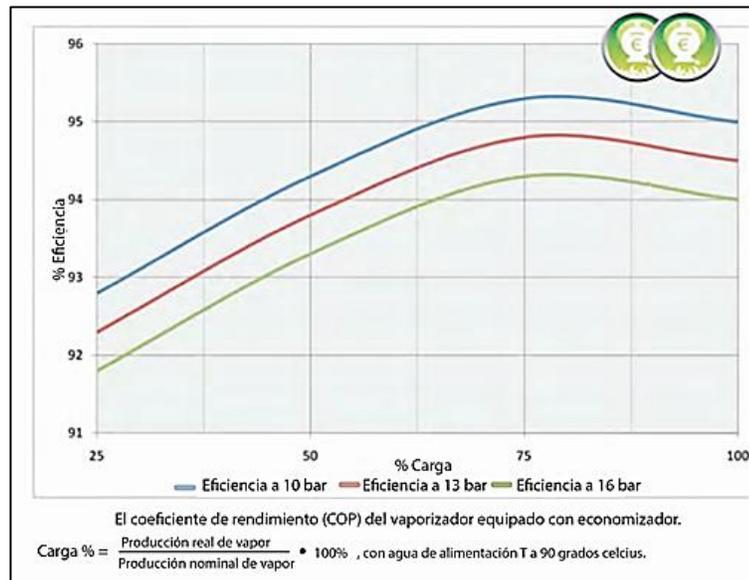
$$\text{Carga \%} = \frac{\text{Producción de vapor real}}{\text{Producción nominal de vapor}} \bullet 100\% \qquad \text{Carga \%} = \frac{5500}{6000} \bullet 100\% = 95\%$$

Fuente: elaboración propia.

4.21. **Carga de vapor**

Las cargas de vapor se encuentran representadas en la gráfica por su eficiencia en el eje de las abscisas y en las ordenadas se encuentra el porcentaje de carga.

Figura 16. **Carga de vapor**



Fuente: Technical book. *Fire tube steam boilers SG*. http://www.autoflame.cl/wpcontent/uploads/2017/05/2013_EN_SG_Light.compressed.pdf. Consulta: 18 de mayo de 2019.

4.22. Calidad de vapor

La calidad del vapor es la proporción de vapor saturado (vapor) en una mezcla de condensado saturado (líquido) / vapor (vapor). Una calidad de vapor de 0 indica un 100 % de líquido (condensado), mientras que una calidad de vapor de 100 indica un 100 % de vapor. Una (1) libra de vapor con 95 % de vapor y 5 % de arrastre de líquido tiene una calidad de vapor de 0,95. Las mediciones necesarias para obtener una medición de la calidad del vapor son la temperatura, la presión y el contenido de líquido arrastrado. Un alto porcentaje (88 % o más) de los sistemas de vapor industrial utiliza vapor saturado para aplicaciones de proceso. El vapor saturado (es decir, el vapor saturado de energía) es completamente gaseoso y no contiene líquido.

4.23. Costos de la aplicación

El costo de la aplicación viene dado por los aspectos que a continuación se presentan.

4.23.1. Repuestos de maquinaria

Debido a las características de la maquinaria y su forma de pieza única no posee partes intercambiables.

Características:

- Tubos expandidos y soldados a la lámina de tubo que protege a los tubos de cualquier combustión agresiva retardada.

- Hojas de tubos con repisas para garantizar la máxima calidad de soldadura entre chapas y tubos.
- Ausencia total de material refractario y bielas en el blindaje para evitar tensiones en la placa de tubos.
- Amplia cámara de combustión que garantiza baja carga térmica y emisiones reducidas.
- Diseño disponible para vapor saturado y sobrecalentado, así como para producción de agua caliente.

4.23.2. Manuales para maquinaria

Manual técnico en inglés disponible en área de mantenimiento.

4.23.3. Stock de maquinaria

Se cuenta con el soporte de Cannon Bono Energy, el cual entrega maquinaria en 60 días calendario.

4.24. Departamento responsable

Los departamentos que se hacen responsables son aquellos que tiene relación con toda la productividad de la empresa y uso de la maquinaria.

4.24.1. Gerencia general

Un director ejecutivo (CEO) es el ejecutivo de más alto rango en una compañía, cuyas responsabilidades principales incluyen tomar decisiones corporativas importantes, administrar las operaciones y recursos generales de una compañía, y actuar como el principal punto de comunicación entre la junta directiva (el Consejo) y operaciones corporativas, y siendo la cara pública de la empresa. Debido a la alta inversión de dicha maquinaria debe ser autorizada por la gerencia general al comprar e implementar la nueva caldera piro tubular.

4.24.2. Departamento de Mantenimiento

El Departamento de Mantenimiento es responsable y responsable del mantenimiento. Es responsable de la forma en que funciona y se ve el equipo y de los costos para lograr el nivel de rendimiento requerido. Esto no quiere decir que el operador no tenga ninguna responsabilidad por el uso del equipo cuando esté en sus manos; lo hace. El punto es que la responsabilidad y la responsabilidad deben asignarse a una sola función o persona, ya sea un mecánico u operador. Para dividir la responsabilidad entre el mantenimiento o cualquier otro departamento donde ocurra una responsabilidad superpuesta, es establecer una operación en la que nadie sea responsable. Alumax de SC considera que este es un principio fundamental para una operación efectiva de mantenimiento.

La función de mantenimiento es responsable de la frecuencia y el nivel de mantenimiento. Son responsables de los costos de mantenimiento, lo que requiere el desarrollo de presupuestos detallados y el control de los costos de estos presupuestos.

Al igual que la función de calidad en una organización debe informar al gerente superior, también lo hace la función de mantenimiento por las mismas razones obvias. Esto permite que los problemas de mantenimiento se resuelvan en el mejor interés de la planta o la empresa en su conjunto. Los esfuerzos y costos de mantenimiento no deben manipularse como un medio para que otro departamento logre los resultados deseados.

Cuando el departamento o grupo de mantenimiento es responsable y se responsabiliza del mantenimiento, la relación con otros departamentos adquiere un nuevo significado. El Departamento de Mantenimiento no puede permitirse tener relaciones adversas con otros. Deben tener credibilidad y confianza como la base de las relaciones interdepartamentales. Este es un elemento esencial para la operación exitosa de un sistema de administración de mantenimiento.

4.24.3. Área de Producción

La producción es el área funcional responsable de convertir las entradas en productos terminados a través de una serie de procesos de producción. El Gerente de producción es responsable de asegurarse de que las materias primas se proporcionan y se convierten en productos terminados de manera efectiva. Él o ella deben asegurarse de que el trabajo se lleve a cabo sin problemas y debe supervisar los procedimientos para que el trabajo sea más eficiente y placentero.

- El Departamento de Producción y Planificación establecerá estándares y objetivos para cada sección del proceso de producción. La cantidad y la calidad de los productos que salen de una línea de producción serán monitoreados de cerca. En las empresas que se centran en la producción ajustada, todos los empleados supervisarán la calidad en

cada etapa de la producción, en lugar de al final, como es el caso de las empresas que utilizan un enfoque de control de calidad.

- El Departamento de Compras será responsable de proporcionar los materiales, componentes y equipos necesarios para que el proceso de producción funcione sin problemas. Un aspecto vital de este papel es garantizar que las existencias lleguen a tiempo y con la calidad adecuada.
- El Departamento de Tiendas será responsable de almacenar todas las herramientas, repuestos, materias primas y equipos necesarios para el servicio del proceso de fabricación. Cuando el aprovisionamiento no sea confiable, será necesario mantener las existencias de reserva y el uso de sistemas computarizados de control de existencias ayuda a mantener a las víctimas en un nivel mínimo pero necesario para que la producción continúe sin obstáculos.
- El Departamento de Diseño Técnico y de Diseño será responsable de investigar nuevos productos o modificaciones a los existentes, estimar los costos de producción en diferentes cantidades y utilizando diferentes métodos. También será responsable del diseño y prueba de nuevos procesos de productos y tipos de productos, junto con el desarrollo de prototipos hasta el producto final. El Departamento de Soporte Técnico también puede ser responsable del estudio del trabajo y sugerencias sobre cómo se pueden mejorar las prácticas laborales.
- El Departamento de Obras se ocupará de la fabricación de productos. Esto incluirá el mantenimiento de la línea de producción y otras

reparaciones necesarias. El Departamento de Obras también puede ser responsable del control de calidad y la inspección.

5. SEGUIMIENTO O MEJORA

5.1. Resultados obtenidos

Un proceso de monitoreo del rendimiento de una caldera de vapor significa una evaluación continua de la eficiencia de la planta a lo largo del tiempo utilizando datos medidos de la planta. Estas evaluaciones se repiten a intervalos de tiempo regulares utilizando datos fácilmente disponibles de la instrumentación en línea. El objetivo del monitoreo del rendimiento es la evaluación continua de la degradación, es decir, la disminución del rendimiento de la caldera de vapor. Estos datos permiten información adicional que es útil para la identificación de problemas, la mejora del rendimiento de la planta y la toma de decisiones económicas sobre el programa de mantenimiento.

Todas estas acciones están orientadas a la optimización del rendimiento de la caldera. Cada sistema de monitoreo de desempeño involucra la comparación entre los parámetros actuales (medidos) y los parámetros esperados de desempeño. El procedimiento para calcular el rendimiento esperado de una caldera de vapor es comenzar con los rendimientos esperados en las condiciones de operación de referencia y luego usar un modelo para predecir el cambio en el rendimiento de la caldera cuando se opera en condiciones diferentes a las condiciones de operación de referencia.

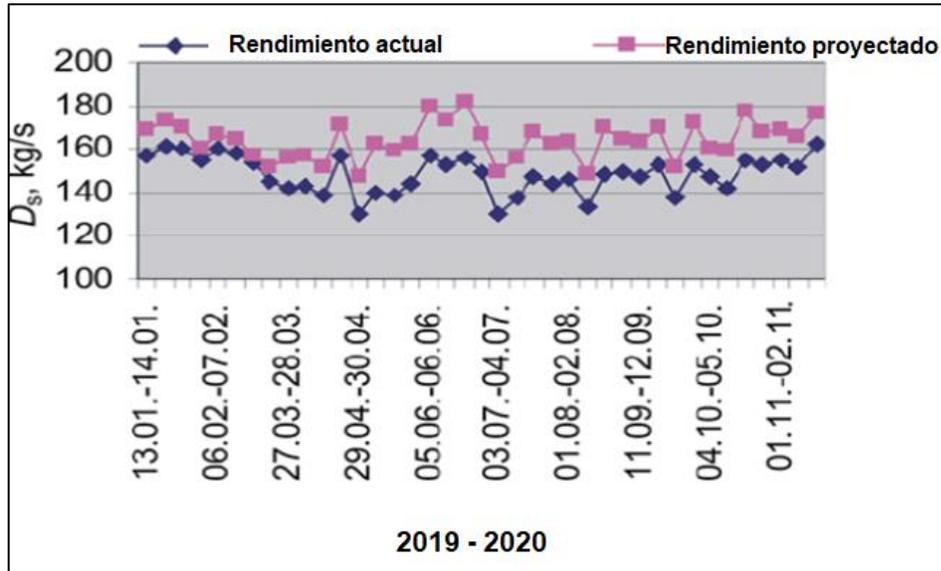
5.1.1. Interpretación

Aunque el uso de modelos simplificados aún da resultados satisfactorios, se recomienda usar códigos de computadora directamente para calcular el

rendimiento esperado y corregido. Las aplicaciones de software de computadora como GateCycle contienen modelos complejos y basados físicamente en el rendimiento del equipo que se pueden usar en lugar de las curvas de corrección. Esos modelos permiten modelar las interacciones entre diferentes condiciones operativas y pueden proporcionar información detallada sobre el rendimiento esperado a continuación, se enumeran algunas ventajas de usar los códigos de computadora.

- Se puede modelar la interacción de condiciones de operación variables.
- Los modelos basados físicamente pueden calcular los impactos de parámetros para los cuales no hay curvas disponibles.
- Los modelos basados en la física proporcionan información detallada sobre el rendimiento esperado, no disponible en las curvas. Esta información adicional puede ayudar al ingeniero a diagnosticar los problemas.

Figura 17. **Producción de vapor sobrecalentado - comparación de valores medidos y de simulación**



Fuente: elaboración propia.

5.2. Aplicación

Para la aplicación de los ajustes se debe llevar el control adecuado utilizando los formatos que se implementan para el mantenimiento adecuado y análisis de control requerido.

5.2.1. Ajustes y control que deben realizarse

Los ajustes que se deben realizarse van especificados en la propuesta de implementación, el tiempo necesario al que se debe realizar el mantenimiento de la maquinaria para que esta tenga una vida útil funcional y que su rendimiento sea el adecuado.

5.2.2. Control de las válvulas de seguridad

Se deben realizar inspecciones. La Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME) rige el código que establece las pautas y los requisitos para las válvulas de seguridad. Téngase en cuenta que depende del personal de la planta familiarizarse con los requisitos y comprender qué partes del código se aplican a partes específicas de los sistemas de vapor de la planta.

- El diferencial entre el funcionamiento y la presión de vapor ajustada debe ser al menos del 20 %.
- Las válvulas de seguridad nunca deben ser sobredimensionadas; las válvulas sobredimensionadas pueden provocar problemas como fugas, vibraciones y fallas prematuras.
- La capacidad total de vapor de una válvula de seguridad ubicada aguas abajo de una válvula de control de presión debe exceder la capacidad máxima de flujo de vapor de la válvula de control.
- Los requisitos de alta capacidad de vapor, restricciones físicas o económicas pueden hacer imposible el uso de una sola válvula de seguridad. En estos casos, el uso de múltiples válvulas de seguridad en el mismo sistema se considera una práctica aceptable, siempre que se cumplan los requisitos de tamaño e instalación adecuados, incluida una tubería de ventilación del tamaño adecuado que tenga en cuenta la capacidad total de ventilación de todas las válvulas cuando se abren al mismo tiempo.

- La calificación más baja (MAWP o presión de trabajo máxima permitida) siempre debe usarse entre todos los dispositivos de seguridad dentro de un sistema, incluidas las calderas, los recipientes a presión y los sistemas de tuberías del equipo, para determinar la presión de ajuste de la válvula de seguridad.

También una interpretación de los resultados de la simulación es algo que debe abordarse en este punto. Si un intervalo de tiempo, para el cual se calcula el valor promedio de un parámetro, es demasiado amplio, ese valor promedio no será adecuado para reflejar todos los cambios que ocurrieron durante los procesos de operación en la planta.

Por otro lado, un intervalo de tiempo demasiado corto no es alimento en términos de características inertes de algunos procesos. En tales casos, es posible que, según los valores promedio calculados erróneamente del parámetro de entrada, se tomen decisiones erróneas con respecto a los procedimientos de operación en la planta. Esto empeora las características de rendimiento. Es una tarea del ingeniero de diseño, en función de las características observadas de la planta y del proceso, determinar los intervalos de tiempo adecuados para el monitoreo de los parámetros elegidos, así como el valor mínimo y máximo de los mismos parámetros que se toman en cuenta al determinar el promedio valor

5.2.3. Control del nivel de agua

En las calderas de envoltura horizontal, el nivel del agua aumenta a medida que aumenta la carga (debido a la presencia de más vapor por debajo del nivel del agua en la caldera). A medida que lo haga, el área de la superficie del agua (área de liberación de vapor) disminuirá porque, como el nivel del agua

está por encima de la línea central de la caldera, los lados de la cubierta que contiene convergen.

El fabricante de calderas habrá diseñado la caldera para garantizar que el área del nivel de agua normal (NWL) sea tal que el vapor se libere a una velocidad aceptable. El diseño también permitirá una altura mínima específica de la toma de vapor por encima de la NWL.

5.2.4. Sistema de alarma de nivel bajo de agua de la caldera

Claramente, a medida que se genera vapor, el agua en la caldera se evapora, y la caldera debe recibir un suministro de agua para mantener el nivel. Debido a los factores descritos anteriormente, el agua debe mantenerse en el nivel correcto.

La seguridad también es de suma importancia. Si la caldera funciona con agua insuficiente, podrían producirse daños graves y, en última instancia, existe riesgo de explosión.

Por esta razón, se requieren controles para:

- Monitorear y controlar el nivel de agua.
- Detectar si se alcanza un punto de nivel de agua bajo, y tomar las medidas apropiadas.

Esta acción puede incluir:

- Hacer sonar una alarma, apagar el suministro de agua de alimentación y apagar los quemadores.

También, es esencial proporcionar una indicación externa del nivel del agua.

5.2.5. Sistema de alimentación de agua de la caldera

Los objetivos operativos para la planta de calderas de vapor incluyen:

- Operación segura
- Máxima eficiencia de combustión y transferencia de calor
- Mantenimiento mínimo
- Larga vida laboral

La calidad del agua utilizada para producir el vapor en la caldera tendrá un efecto profundo en el cumplimiento de estos objetivos.

Es necesario que la caldera funcione bajo los siguientes criterios:

- Libre de incrustaciones: si la dureza está presente en el agua de alimentación y no está controlada químicamente, se producirá un escalado de las superficies de transferencia de calor, lo que reducirá la transferencia de calor y la eficiencia, lo que hace necesaria la limpieza frecuente de la caldera. En casos extremos, pueden producirse puntos calientes locales, lo que puede provocar daños mecánicos o incluso la falla del tubo.

- Libre de corrosión y ataque químico: si el agua contiene gases disueltos, especialmente oxígeno, es probable que ocurra corrosión en las superficies de la caldera, tuberías y otros equipos.

Si el valor de pH del agua es demasiado bajo, la solución ácida atacará las superficies metálicas. Si el valor del pH es demasiado alto y el agua es alcalina, pueden ocurrir otros problemas, como la formación de espuma.

5.3. Ventajas y beneficios

Se deben tomar los beneficios en cuanto a los costos de implementación y las ventajas que se tendrán a futuro en cuanto a la disminución de gastos.

5.3.1. Beneficios de aplicación

Las calderas de vapor modernas vienen en todos los tamaños para adaptarse a aplicaciones grandes y pequeñas. En general, cuando se requiere más de una caldera para satisfacer la demanda, resulta económicamente viable alojar la planta de caldera en una ubicación centralizada, ya que los costos de instalación y operación pueden ser significativamente más bajos que con la planta descentralizada.

Por ejemplo, la centralización ofrece los siguientes beneficios sobre el uso de calderas dispersas y más pequeñas:

- Más opciones de combustible y tarifa.
- Las calderas idénticas se utilizan con frecuencia en salas de calderas centralizadas, lo que reduce los repuestos, el inventario y los costos.

- La recuperación de calor es fácil de implementar para obtener mejores rendimientos.
- Una reducción en la supervisión manual libera mano de obra para otras tareas en el sitio.
- Dimensionamiento económico de la planta de calderas para satisfacer la demanda diversificada.
- Las emisiones de escape son más fáciles de monitorear y controlar.
- Los protocolos de seguridad y eficiencia son más fáciles de monitorear y controlar.

5.3.2. Control de espuma

El medio más apropiado para proporcionar vapor seco y limpio de manera instantánea, para satisfacer una demanda máxima es utilizar un método de almacenamiento de vapor para que pueda 'liberarse' cuando sea necesario. El almacenamiento de vapor como un gas a presión no es práctico debido al enorme volumen de almacenamiento requerido a las presiones normales de la caldera.

Esto se explica mejor en un ejemplo:

En el ejemplo que se usa más adelante en este módulo, se usa un recipiente con un volumen de 52,4 m³

- La presión de carga es de 10 bar g (volumen específico = 0,177 m³/kg).

- La presión de descarga es de 5 bar g (volumen específico = 0,315 m³/kg).

Basados en estos parámetros, la energía resultante almacenada y lista para su liberación instantánea a la planta está contenida en 130 kg de vapor. Esto equivale a solo el 5,2 % de la energía almacenada y lista para usar, en comparación con un acumulador lleno de agua.

En la práctica hay dos formas de generar vapor:

- Agregando calor al agua hirviendo, indirectamente a través de un tubo de combustión y un quemador, como en una caldera convencional.
- Al reducir la presión sobre el agua almacenada a su temperatura de saturación. Esto resulta en un exceso de energía en el agua, lo que hace que una proporción del agua se convierta en vapor.

5.3.3. Control de la alimentación de la caldera

Un control de quemador modulador alterará la velocidad de encendido para que coincida con la carga de la caldera en toda la relación de apagado. Cada vez que el quemador se apaga y se reinicia, el sistema debe purgarse soplando aire frío a través de los pasajes de la caldera. Esto desperdicia energía y reduce la eficiencia. La modulación completa, sin embargo, significa que la caldera sigue funcionando en toda la gama para maximizar la eficiencia térmica y minimizar los esfuerzos térmicos. Este tipo de control puede instalarse en calderas de cualquier tamaño, pero siempre debe instalarse en calderas con capacidad superior a 10 000 kg/h.

Ventajas de un sistema de control modulador:

La caldera es aún más capaz de tolerar cargas grandes y fluctuantes. Esto es porque:

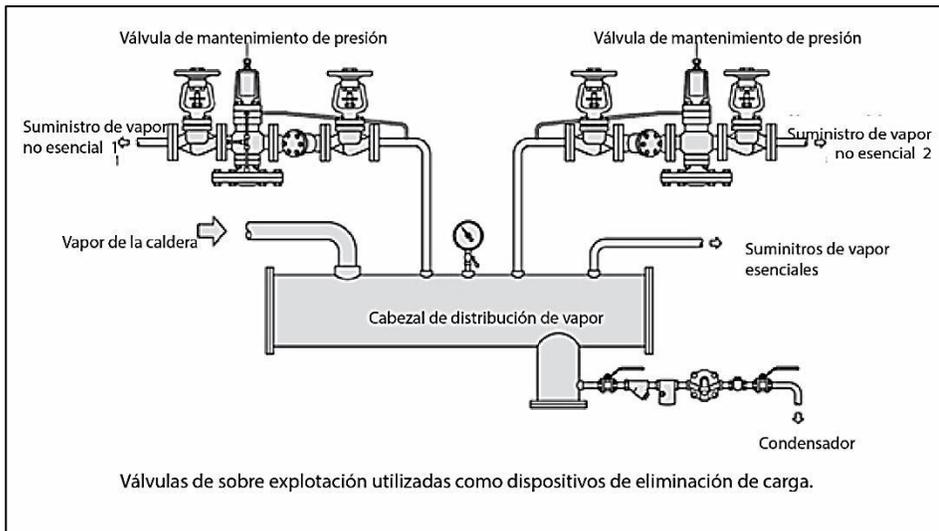
- La presión de la caldera se mantiene en la parte superior de su banda de control, y el nivel de energía almacenada es el más alto.
- En caso de que se requiera más energía a corto plazo, el sistema de control puede responder inmediatamente aumentando la velocidad de disparo, sin detenerse para un ciclo de purga.

5.3.4. Presión de vapor

Las válvulas de mantenimiento de presión (también llamadas válvulas de sobreexplotación) se pueden usar como dispositivos de eliminación de carga al aislar partes no esenciales de la planta y, por lo tanto, dar prioridad a la planta esencial. En la figura 14 se muestra una disposición típica.

El éxito de este método nuevamente depende de la severidad de los picos y de la suposición de que la caldera se enciende cuando se desarrolla el pico.

Figura 18. **Válvulas de sobre explotación utilizadas como dispositivos de eliminación de carga**



Fuente: AB&Co. *Calderas de vapor de alta presión*. <https://beta.spiraxsarco.com/learn-about-steam/the-boiler-house/steam-accumulators#article-top>. Consulta: 15 de abril de 2019.

Las válvulas de sobreexplotación también se pueden instalar directamente en la caldera o en la tubería de vapor a la fábrica, como se muestra en la figura 18.

La presión de ajuste debe ser:

- Menos que la presión de control de 'fuego alto' para evitar cualquier interferencia del control de sobreexplotación con los controles del quemador.
- Suficientemente alta para mantener la presión en la caldera a un nivel seguro.

En términos de dimensionamiento de la válvula de sobreexplotación, el requisito es una caída de presión mínima. Como indicación general, debe considerarse una válvula de tamaño de línea.

5.4. Sistema de purgas

Ventilación de aire e interruptor de vacío:

Cuando el acumulador de vapor arranca del frío, el espacio de vapor está lleno de aire. Este aire no tiene valor calorífico, de hecho, afectará negativamente el rendimiento de la planta de vapor (como se demuestra en la Ley de Dalton) y también tendrá el efecto de cubrir las superficies de intercambio de calor. El aire también dará lugar a la corrosión en el sistema de condensado.

El aire se puede purgar con una simple llave, que normalmente se deja abierta hasta que el acumulador de vapor se presuriza a aproximadamente 0,5 bar. Una alternativa al grifo es una salida de aire de presión equilibrada, que no solo libera al operador de la planta de calderas de la tarea de purgar el aire manualmente (y, por lo tanto, garantizar que se haga realmente), sino que también es más confiable para purgar cualquier otro gas que se acumule en el recipiente durante el uso.

A la inversa, cuando el acumulador de vapor se desconecta, el vapor en el espacio de vapor se condensa y deja un vacío. Este vacío hace que se ejerza presión sobre el recipiente desde el exterior, y puede provocar una fuga de aire a través de las puertas de inspección. Un interruptor de vacío evitará esta situación.

Llave de drenajes:

Esta válvula se usaría para drenar el recipiente para trabajos de mantenimiento e inspección.

5.5. Acciones correctivas

Para implementar acciones de corrección se debe llevar el seguimiento puntual del programa de mantenimiento planificado para que el plan de mantenimiento sea óptimo.

5.5.1. Seguimiento al mantenimiento

Un programa de mantenimiento bien planificado evita tiempos de inactividad innecesarios o reparaciones costosas. También, promueve la seguridad y ayuda al código de la caldera ya los inspectores locales. Se debe establecer un horario de inspección que enumere los procedimientos. Se recomienda mantener el registro o registro de la sala de calderas, registrando las actividades de mantenimiento diarias, semanales, mensuales y anuales. Esto proporciona una guía valiosa y ayuda para obtener el factor de disponibilidad de la caldera para determinar la frecuencia de apagado, las economías, la duración del servicio, entre otros.

Aunque la caldera tiene dispositivos eléctricos y mecánicos que la hacen automática o semiautomática, estos dispositivos requieren un mantenimiento sistemático y periódico. Cualquier característica 'automática' no exime al operador de la responsabilidad, sino que lo libera de ciertas tareas repetitivas, lo que le da tiempo para dedicarse al mantenimiento y la conservación.

5.5.2. Vigilancia indirecta de la caldera

Se debe tener monitoreado el sistema de control electrónico en todo momento por un operador y vigilar las zonas de riesgo constantemente para evitar accidentes.

5.5.3. Comprobaciones

El mantenimiento de turnos debe incluir el control del nivel de agua de la caldera en el vidrio indicador y la presión de vapor de la caldera en el indicador. Opere la válvula de purga intermitente para eliminar los sólidos acumulados en el tambor de lodo. Las válvulas en la columna de agua y el vidrio indicador deben operarse para asegurarse de que estas conexiones estén limpias. Monitoree la química del agua para ajustar el tratamiento de alimentación química y la purga continua según sea necesario, para permanecer dentro de las pautas de tratamiento de agua establecidas por el asesor de tratamiento de agua del propietario.

5.5.4. Control de condensado

A menudo, el condensado que se forma se drenará fácilmente de la planta a través de una trampa de vapor. El condensado entra en el sistema de drenaje del condensado. Si está contaminado, probablemente será enviado a desagüe. De lo contrario, la valiosa energía térmica que contiene puede retenerse devolviéndola al tanque de alimentación de la caldera. Esto también ahorra en agua y costos de tratamiento de agua.

Algunas veces puede formarse un vacío dentro del vapor usando la planta. Esto dificulta el drenaje del condensado, pero el drenaje adecuado del espacio

de vapor mantiene la efectividad de la planta. El condensado puede entonces tener que bombearse.

5.5.5. Estadísticas

Las regulaciones de seguros o las leyes locales requerirán una inspección periódica del recipiente a presión por un Inspector Autorizado. Generalmente se da suficiente aviso para permitir la remoción de la caldera del servicio y la preparación para la inspección. Esta inspección principal a menudo se puede usar para realizar tareas de mantenimiento, reemplazos o reparaciones que no se pueden realizar fácilmente en otros momentos. Esto también sirve como una buena base para establecer un programa para programas de mantenimiento anual, mensual o periódico.

5.5.6. Mensualmente

El mantenimiento diario debe incluir una verificación del funcionamiento del quemador, incluida la presión del combustible, la presión del aire o vapor del atomizador, la apariencia visual, entre otros. Limpie los puertos de observación durante los períodos de fuego bajo o apagado. Pruebe las alarmas de nivel de la caldera y el corte de agua bajo. Mantener un horario diario de hollín.

5.5.7. Semestral

Verifique la condición del refractario para detectar daños significativos o grietas. Parche y repare el refractario según sea necesario. Se recomienda el lavado frecuente de las superficies refractarias. Para este propósito, use uniones de alta temperatura, mortero de tipo aire seco diluido con agua, hasta obtener la consistencia de una crema ligera. Esto sellará pequeñas grietas y

prolongará la vida útil del refractario. Las grietas grandes deben limpiarse y rellenarse con mortero.

Siga las recomendaciones de su inspector autorizado en relación con la inspección y prueba de válvulas de seguridad. La frecuencia de las pruebas ya sea mediante el uso de la palanca de elevación o mediante el aumento de la presión de vapor, debe basarse en las recomendaciones de su inspector autorizado. Pruebe las válvulas de seguridad de la caldera de acuerdo con las instrucciones del fabricante para estar absolutamente seguro de que las válvulas no se hayan corroído. El fallo de las válvulas de alivio en una situación de sobrepresión es crucial.

5.5.8. Anual

Haga que la unidad sea inspeccionada y verificada por un representante de servicio del fabricante, si es posible.

Limpie tanto la calefacción como los lados calentados de la caldera. Retire todas las tapas de la brecha y del orificio de la mano Abra todas las válvulas de purga del fondo y de drenaje. Maneje el interior de la caldera con agua limpia a alta presión. Use un raspador de mano para eliminar los residuos acumulados y la escala. Comience cerca de la parte superior y trabaje hacia la parte inferior. Después de limpiar los exteriores de los tubos, inspeccione las superficies de los tubos para detectar signos de sobrecalentamiento, como abultamientos, superficies ennegrecidas en los tubos, entre otros.

Las condiciones locales específicas determinan el uso del almacenamiento 'húmedo' o 'seco' durante los períodos de parada. Si no está

seguro de qué procedimiento seguir, comuníquese con el asesor de tratamiento de agua del propietario o con su compañía de seguros local.

5.6. Cumplimiento con las normas establecidas

Toda implementación de norma debe ir manejada por restricciones de seguridad para evitar incidentes a la operativa.

5.6.1. Normas de seguridad

Este código está dirigido a los peligros asociados con: mal funcionamiento del sistema de control; fuego; explosión lateral de fuego; pérdida de alimentación eléctrica; pérdida de agua; sobrepresión; sobrecalentamiento; acceso no autorizado; modificaciones y reparaciones no autorizadas.

5.6.2. Normas para la inspección y el mantenimiento de la caldera pirotubular

Los diseños de calderas de tubos de agua que cumplen plenamente con el último número del Código de Calderas y Recipientes a Presión, sección I, *Calderas de potencia* (incluidas todas las enmiendas) publicadas por la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos, son aceptables sujeto a las condiciones establecidas en este código.

- Código de calderas y recipientes a presión de ASME, sección 7: *Pautas recomendadas para el cuidado de calderas eléctricas.*
- Código ASME para calderas y recipientes a presión, Sección 8-División 1: pautas para recipientes a presión Cobertura básica, División 2: Reglas

alternativas para recipientes a presión para coberturas básicas. ASME B 31.1

- Normas de la Asociación Nacional de Protección contra Incendios: Norma NFPA 8501 para el funcionamiento de calderas de un solo quemador.
- NFPA 8502 Norma para la prevención de explosiones / implosiones en hornos en calderas de múltiples quemadores.
- Norma NFPA 8503 para sistemas de combustible pulverizado.
- Norma NFPA 8506 sobre sistemas de generación de vapor con recuperación de calor.

5.6.3. Válvulas de seguridad

Las válvulas de seguridad deben cumplir con BS 6759 o una norma equivalente aceptable para un cuerpo de inspección. Los controladores responsables de las válvulas de seguridad deben garantizar que los registros de las válvulas de seguridad se mantengan de acuerdo con los requisitos de AS / NZS 3788. El servicio, el mantenimiento, la prueba y la inspección de las válvulas de seguridad deben ser realizados por una organización que tenga un sistema de gestión de calidad certificado. Evaluado específicamente y registrado (acreditado, en el caso de pruebas y/o inspección) para estos servicios, o dentro de un sistema de gestión aprobado mantenido por el controlador.

Dicho sistema de gestión aprobado debe ser apropiado para el tipo de instalación y puede ser un sistema de gestión de la calidad, específicamente evaluado y certificado para dichos servicios, o un sistema de gestión del controlador aprobado por un organismo de inspección.

Cuando las válvulas de seguridad se mantengan dentro de un sistema de gestión aprobado por el controlador, deben ser inspeccionadas, probadas y emitidas con un certificado de inspección por un organismo de inspección.

Nota: los controladores pueden optar por delegar esta responsabilidad a una organización de servicio, que opera bajo un sistema de gestión de calidad certificado. De un ámbito adecuado. Un organismo de inspección aún debe estar comprometido y debe emitir válvulas de seguridad o la caldera completa con los certificados de inspección apropiados.

5.6.4. Bomba de agua de alimentación

Para calderas que no contengan reservas de obleas suficientes, se proporcionarán dos bombas de alimentación de reserva controlada y accionada independientemente. Al menos uno de estos debe ser capaz de iniciarse automáticamente y funcionar de forma independiente en caso de un fallo total de la alimentación.

Este requisito se puede cumplir en las casas de calderas provistas de un generador de reserva automático si este generador tiene la capacidad suficiente para cumplir con los requisitos de las bombas de agua de alimentación más cualquier otra carga conectada.

Se deben cumplir las siguientes condiciones:

- Ambas bombas de alimentación de reserva deben contar con dispositivos de control independientes.
- Siempre deberá haber suficientes reservas de agua para una operación de inicio segura, con el nivel de agua controlado por un limitador de nivel de agua de diseño especial.
- En caso de que falle una bomba en funcionamiento, la bomba de reserva arrancará automáticamente y se activará una alarma de falla de la bomba de alimentación.
- La alarma de la bomba de alimentación permanecerá en pantalla hasta que se haya solucionado la falla asociada.

5.6.5. Arranque de la caldera pirotubular

Supervisión en las secuencias de puesta en marcha. Cuando se pone en marcha una caldera atendida, un operador calificado debe estar presente en la puesta en marcha y permanecer en la caldera hasta que esté a la altura de la presión y esté convencido de que está funcionando correctamente. Se deben proporcionar al operador los procedimientos completos y detallados de puesta en marcha desarrollados por el controlador a partir de las recomendaciones del fabricante de la caldera.

5.6.6. Paro de la caldera

Supervisión en las secuencias de apagado cuando una caldera atendida se apaga, un operador calificado debe estar presente y permanecer con la caldera hasta que esté seguro de que se ha apagado correctamente.

5.6.7. Vaciado de agua

Una vez al año, todo el sistema de agua caliente y vapor debe lavarse para mantener los conductos limpios y el agua que fluye libremente. Para limpiar el sistema, abra la válvula de descarga y deje correr el agua en un cubo hasta que salga limpia. Si el agua todavía se ve oxidada después de que se haya lavado el sistema, llame a un técnico de servicio.

Los sistemas de agua caliente deben drenarse para evitar que las tuberías se congelen durante una falla prolongada en el clima frío. También puede ser necesario drenar el sistema para hacer reparaciones.

Aquí es cómo drenar las tuberías:

- Apague la energía de la caldera y deje que el agua se enfríe hasta que esté tibia.
- Cierre la válvula de suministro de agua y conecte la longitud de la manguera de jardín al drenaje de la caldera.
- Abra la válvula de drenaje y las salidas de aire de todos los radiadores. El agua del sistema saldrá por la manguera. Es importante que a la válvula se le dé suficiente tiempo para drenar.

- Para volver a llenar el sistema, cierre las rejillas de ventilación de todos los radiadores y cierre la válvula de drenaje. Encienda el suministro de agua a la caldera. Si la caldera tiene apagado automático, la recarga es automática. Si no hay un apagado automático, llénelo hasta que el manómetro de la válvula de combinación indique 20 libras de presión por pulgada cuadrada (psi).
- Suelte el aire de todos los convectores del sistema para que se calienten adecuadamente.

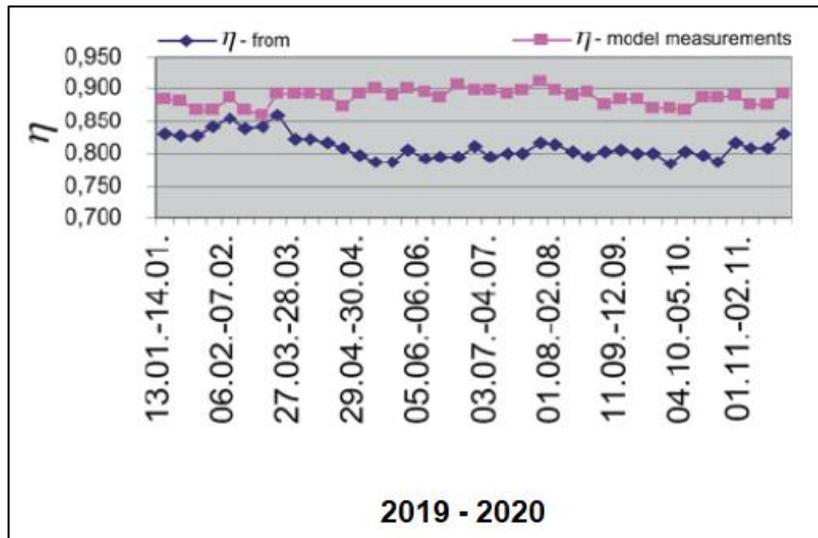
5.7. Comparación de productividad con años anteriores

En el transcurso del tiempo se debe llevar registro para implementar objetivos e indicadores para tener un rango de aceptación e ir aumentando calidad en los procesos.

5.7.1. Eficiencia en maquinaria

La eficiencia de maquinaria se debe iniciar a medir desde la implementación del plan de trabajo para lograr visualizar los avances de este.

Figura 19. **Eficiencia simulada contra la eficiencia actual**



Fuente: elaboración propia.

5.8. Auditorías

Las auditorías deben ser tanto internas como externas, se solicitan externas para detectar otros puntos los cuales no se hacen énfasis.

5.8.1. Externas

- Se tomarán las medidas adecuadas para el monitoreo regular y frecuente del sistema de gestión de calidad de la caldera o del sistema de operación y mantenimiento de la caldera.
- Las auditorías del sistema de operación y mantenimiento de la caldera deben realizarse a intervalos regulares (al menos dos veces al año) por personas con antecedentes técnicos capacitados en procedimientos de

auditoría y que no estén directamente involucrados con el funcionamiento rutinario de esa caldera.

- La autoridad llevará a cabo sus propias auditorías de los sistemas de operación y mantenimiento de la caldera, además de los requisitos anteriores.

5.8.2. Internas

La auditoría interna requiere de:

- Anuncio en avanzado. Las auditorías de fabricación no están destinadas a atrapar a las personas que hacen algo mal. Por el contrario, durante una auditoría se espera atrapar a las personas haciendo las cosas bien.
- Un esquema de calificación para clasificar los problemas descubiertos. Un esquema de calificación le permite clasificar los problemas para priorizar las acciones correctivas.
- Acción cuando se descubre un problema. Nada es más desalentador que descubrir un problema y no hacer nada al respecto. Idealmente, los empleados que trabajan en el proceso deberían ayudar a resolver cualquier problema encontrado. Esto aumentará la sensibilidad de los empleados al problema.
- Auditores capacitados Los auditores deben estar familiarizados con el área que están observando y con las técnicas de auditoría.

- Planificación y trámites claros. Una auditoría de fabricación es más que simplemente ingresar a un área de trabajo y buscar problemas.

Las auditorías deben ser cuidadosamente planeadas y orquestadas para el máximo beneficio. Los pasos que se enumeran a continuación pueden ayudar a planificar y realizar una auditoría.

- Seleccione el operador a auditar. Puede ser mejor comenzar con un operador relativamente eficiente que tenga un historial de éxito. Sin embargo, es posible que prefiera saltar directamente a un proceso que haya tenido un registro de problemas de rendimiento continuos.
- Decidir quién llevará a cabo la auditoría. Idealmente, el equipo de auditoría debería estar formado por personas que tengan experiencia en auditoría, pero en general también están familiarizados con el proceso a ser auditado.
- Decidir la frecuencia de la auditoría. Se debe decidir la frecuencia con la que los miembros del equipo de auditoría observarán el proceso. Cuanto más no se encuentren las conformidades, más frecuentes serán las observaciones hasta que se obtenga un nivel de confianza tal que las observaciones puedan reducirse.
- Registrar el calendario de auditoría en un formulario. Los tiempos de auditoría deben ser lo más aleatorios posible y programados a lo largo de todo un turno. Debe haber un registro escrito de este cronograma que se distribuya a cada miembro del equipo de auditoría.

- Realizar la auditoría de acuerdo con el calendario de auditoría. Una vez hecho el horario permanente, debe seguirse. Esto requiere el compromiso de todos los involucrados en el proceso.
- Documentar los problemas descubiertos. Esto se convierte en el registro permanente y la base para todas las acciones de seguimiento.
- Informar a todos los afectados (trabajadores, otro personal del departamento, entre otros). No solo se debe informar a los empleados que trabajan en el proceso de los resultados de la auditoría, sino que también se debe notificar a todos los empleados afectados por el desempeño del proceso. Esto asegurará que todos estén conscientes de los problemas descubiertos y pueden generar sugerencias adicionales para mejorar.
- Determine la acción correctiva. Una vez que los empleados hayan tenido la oportunidad de ofrecer sugerencias para resolver los problemas, se debe seleccionar la acción más adecuada.
- Realizar la acción correctiva. Implementar los cambios necesarios para evitar problemas de repetición.
- Monitorear los resultados de las acciones correctivas. Observe la acción correctiva para determinar si realmente eliminó el problema. La auditoría es un esfuerzo proactivo para asegurar que un proceso de fabricación esté bajo control. La auditoría también indica la voluntad de ir más allá del *status quo* y comprometerse con la mejora continua.

5.9. Estadístico

Para tener un análisis en la reducción de costo se deberán tomar referencias de años anteriores para hacer el comparativo en cuanto a la optimización de su implementación.

5.9.1. Eficiencia

Método directo: donde la ganancia de energía del fluido de trabajo (agua y vapor) se compara con el contenido de energía del combustible de la caldera. Esto también se conoce como método de 'entrada-salida' debido a que necesita solo la salida útil (vapor) y la entrada de calor (es decir, combustible) para evaluar la eficiencia.

Eficiencia de la caldera = salida de calor / entrada de calor

O Eficacia de la caldera = $[Q \times (h_g - h_f) / q \times GCV] \times 100$

Donde:

- Q = cantidad de vapor generado por hora (Kg / hr)
- q = cantidad de combustible usado por hora (Kg / hr)
- h_g = entalpía de vapor saturado en Kcal / Kg de vapor
- h_f = entalpía del agua de alimentación en Kcal / kg de agua

Método indirecto: también se le llama método de pérdida de calor. Se llega a la eficiencia al restar las fracciones de pérdida de calor de 100. El estándar no permitirá la pérdida por pérdida en el proceso de determinación de eficiencia.

5.9.2. Reducción de costos

Mediante la correcta implementación del cronograma de mantenimiento se pretende reducir costos correctivos en la maquinaria a utilizar y realizar los mantenimientos preventivos.

Adicional a la eficiencia superior que presenta la nueva maquinaria se pretende establecer los siguientes controles en la planta para reducir aún más los costos:

- Recuperar y utilizar el calor de los hornos industriales: Aprovechar el considerable calor de los hornos industriales.
- Utilice la cascada de calor: el calor de los gases de combustión o de escape en procesos de temperaturas más altas se puede utilizar para suministrar calor a procesos de temperaturas más bajas.
- Use métodos de calefacción adecuados: para aumentar el ahorro de calefacción de su proceso al reemplazar métodos ineficientes y no económicos con sistemas eficientes y económicos.
- Use el aislamiento adecuado del horno y las técnicas de mantenimiento: para evitar pérdidas localizadas en los hornos.
- Reducir el contenido de oxígeno de los gases de combustión: para reducir los niveles de oxígeno en los gases de escape a fin de aumentar los niveles de calor disponibles y mejorar la eficiencia energética.

5.9.3. Cronograma de mantenimiento

El cronograma de mantenimiento debe tener un estricto orden en cuanto a la implementación para que este sea el adecuado a las instalaciones.

Tabla XXVII. Cronograma de mantenimiento

Diario	Semanal	Mensual	Semianual	Anual
Verificar el nivel del agua	Comprobar el cierre hermético de la válvula de combustible	Inspeccionar el quemador	Limpiar los cortes de agua bajos	Limpiar superficies de fuego
Caldera de purga	Revisar el combustible y el aire	Analizar la combustión	Inspeccionar refractario	Limpiar recámaras
Columna de agua de purga	Comprobar las luces indicadoras y alarmas	Inspeccionar las juntas de expansión	Revisar la alineación del acoplamiento de la bomba de agua de alimentación	Comprobar el vidrio indicador
Comprobar visualmente la combustión	Verificar controles de funcionamiento y limite	Inspeccionar los puntos calientes		Retirar y reacondicionar válvulas de seguridad
Ejecutar prueba de agua	Comprobar los controles de seguridad y de bloqueo	Revisar los procedimientos de purga de la caldera		Revisar bombas de alimentación de caldera y auxiliares
Registrar todas las condiciones de funcionamiento pertinentes	Comprobar la operación de bajo corte de agua	Comprobar suministro de aire de combustión		Comprobar receptores de condensado
Revisar las operaciones generales de la caldera	Comprobar si hay fugas, vibraciones, ruidos o condiciones inusuales	Revisar los sistemas de combustible		Comprobar sistema de alimentación química
Registro de filtración de agua	Revisar el calibre del vidrio	Verificar las unidades de correa en los ventiladores de ID		Apretar todos los terminales eléctricos
Comprobar funcionamiento del equipo auxiliar	Comprobar funcionamiento general del quemador	Consultar requerimientos de lubricación		Revisar desoladores y sistemas de alimentación de calderas

Fuente: elaboración propia.

5.10. Beneficio costo

Se debe analizar el consumo de combustible como principal ahorro en la implementación de la nueva caldera.

El consumo promedio para la caldera a instalar es de acuerdo con la tabla:

Tabla XXVIII. Consumo promedio para caldera

Capacidad de evaporación nominal (t/h)	1	2	4	6	8	15	20
Aceite ligero (kg/h)	66,5	133	266	399	532	997	1204
Gas natural (Nm ³ /h)	75	150	300	450	600	1125	1418

Nota: el parámetro es solo para referencia, por favor, preguntar por los detalles específicos

Fuente: Sitong Boiler. *¿Cuál es el consumo de combustible de una caldera de gasóleo?*

[http://www.sitong-boiler.com/news/company-news/What_is_the_Fuel_](http://www.sitong-boiler.com/news/company-news/What_is_the_Fuel_Consumption_of_oil_gas_fired_boiler__115.html)

[Consumption_of_oil_gas_fired_boiler__115.html](http://www.sitong-boiler.com/news/company-news/What_is_the_Fuel_Consumption_of_oil_gas_fired_boiler__115.html). Consulta: 19 de mayo de 2019.

El precio del galón del bunker es en promedio de Q. 24,00 extraído de: http://www.mem.gob.gt/hidrocarburos/precios-combustible-nacionales/historico-precios-nacionales/?fbclid=IwAR3pz-Rwn24DBpbebS2kBtx4HKVaz77B6t2Gxi9ijr-gOxO0pp4adxiwj_Y.

La densidad del bunker es de 0,96 g / ml extraído de:

http://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_card_id=1774&p_version=1&p_lang=es.

Por lo tanto el consumo de bunker proyectado a un año para la planta actual es de:

Consumo promedio 532 kg/h a plena carga,
1 galón de bunker = 3785,41 ml

Masa en un galón de bunker= $3785,41 \text{ ml} \times 0,96 \text{ g / ml} = 3633,9936$ gramos o 3,6339936 Kg.

Consumo promedio por hora en galones = $532 \text{ kg/ h} \times 1 \text{ galón}/3,6339936 = 146$ galones por hora a 100 % de su capacidad nominal.

Actualmente se utiliza dicha maquinaria al 60 % de su capacidad durante 2 turnos de 6 horas cada día.

Por lo tanto, su consumo diario laborado seria de:

$146 \text{ galones / hora} \times 0,60 \times 2 \text{ turnos} \times 6 \text{ horas} = 1051,2$ galones diarios

Eficiencia de caldera actual= 80,24 %

5.11. Antes de la implementación

Para la implementación de la mejora se debe tomar un año anterior completo el cual se representa por los aspectos más importantes a evaluar, entre ellos se encuentra el consumo teórico, una propuesta de consumo real y eficiencia de la maquinaria.

Tabla XXIX. **Proyección anual de consumo de bunker**

Proyección de consumo de combustible anual en caldera actual					
	DIAS LABORADOS	CONSUMO	EFICIENCIA	CONSUMO REAL	COSTO EN QUETZALES
ENERO	22	23126.4	80.24%	28821.53539	Q691,716.85
FEBRERO	20	21024	80.24%	26201.39581	Q628,833.50
MARZO	15	15768	80.24%	19651.04686	Q471,625.12
ABRIL	22	23126.4	80.24%	28821.53539	Q691,716.85
MAYO	22	23126.4	80.24%	28821.53539	Q691,716.85
JUNIO	22	23126.4	80.24%	28821.53539	Q691,716.85
JULIO	22	23126.4	80.24%	28821.53539	Q691,716.85
AGOSTO	22	23126.4	80.24%	28821.53539	Q691,716.85
SEPTIEMBRE	22	23126.4	80.24%	28821.53539	Q691,716.85
OCTUBRE	22	23126.4	80.24%	28821.53539	Q691,716.85
NOVIEMBRE	22	23126.4	80.24%	28821.53539	Q691,716.85
DICIEMBRE	22	23126.4	80.24%	28821.53539	Q691,716.85
				TOTAL EN QUETZALES	Q8,017,627.12

Fuente: elaboración propia.

Se observa que el gasto de combustible anual proyectado con la caldera actual es de Q. 8 017 627,12.

5.11.1. Después de la implementación

Los valores de precios y consumos se mantienen, únicamente se tiene una eficiencia superior (92 %) respecto a la caldera actual por lo que el consumo anual para la nueva caldera sería:

Tabla XXX. **Proyección de consumo de combustible anual en caldera actual**

Proyección de consumo de combustible anual en caldera actual					
	DIAS LABORADOS	CONSUMO	EFICIENCIA	CONSUMO REAL	COSTO EN QUETZALES
ENERO	22	23126.4	92.00%	25137.3913	Q603,297.39
FEBRERO	20	21024	92.00%	22852.17391	Q548,452.17
MARZO	15	15768	92.00%	17139.13043	Q411,339.13
ABRIL	22	23126.4	92.00%	25137.3913	Q603,297.39
MAYO	22	23126.4	92.00%	25137.3913	Q603,297.39
JUNIO	22	23126.4	92.00%	25137.3913	Q603,297.39
JULIO	22	23126.4	92.00%	25137.3913	Q603,297.39
AGOSTO	22	23126.4	92.00%	25137.3913	Q603,297.39
SEPTIEMBRE	22	23126.4	92.00%	25137.3913	Q603,297.39
OCTUBRE	22	23126.4	92.00%	25137.3913	Q603,297.39
NOVIEMBRE	22	23126.4	92.00%	25137.3913	Q603,297.39
DICIEMBRE	22	23126.4	92.00%	25137.3913	Q603,297.39
				TOTAL EN QUETZALES	Q6,992,765.22

Fuente: elaboración propia.

Beneficio marginal = Costo actual – costo con la implementación =
 Q 8 017 627,12 – Q 6 992 765,22 = Q 1 024 861,90.

Se observa que anualmente se percibiría un ahorro de Q. 1 024 861,90.

CONCLUSIONES

1. Se comprobó que los factores que conducen a la falla de las calderas de vapor deben controlarse, para prevenir su falla. Algunas de las principales causas de las fallas de la caldera incluyen poca acumulación de agua, corrosión y escamas/sedimentos. El bajo nivel de agua es la causa más importante de falla de una unidad de caldera de vapor. Resulta, cuando el nivel de agua de una caldera cae por debajo del punto de seguridad, exponiendo las superficies de calefacción. La corrosión puede ocurrir interna y externamente en una unidad de caldera de vapor. La corrosión interna se produce cuando el oxígeno se disuelve en la caldera o la caldera está expuesta a la humedad y al oxígeno mientras está inactiva. El metal se corroe y se adelgaza en ambas formas de corrosión, reduciendo la resistencia de la caldera para mantener la presión deseada. Escala, o acumulación de sedimentos, se produce en las superficies del lado del agua de las calderas, interrumpiendo la transferencia de calor en ellos.
2. Se estableció que el mantenimiento adecuado de las calderas puede proporcionar múltiples beneficios para los gerentes de mantenimiento e ingeniería, incluida la seguridad y confiabilidad mejoradas y el uso reducido de energía y agua. A medida que los costos de estos servicios públicos continúen aumentando para las instalaciones institucionales y comerciales, aumentarán los beneficios de un programa de mantenimiento preventivo (PM) dirigido a las calderas. Para brindar estos beneficios relacionados con las calderas, los gerentes deben implementar los pasos esenciales de un programa de mantenimiento de

calderas. Principalmente en los sistemas de vapor que funcionan con combustible, ya que son los sistemas de calderas más difíciles de mantener y ejecutar de manera eficiente.

3. Se determinó que el mantenimiento regular es esencial para mantener la eficiencia operativa y la seguridad óptimas de las instalaciones de la caldera; y garantizar su fiabilidad a largo plazo. Un aspecto importante y fácil de pasar por alto al operar una caldera de vapor es la necesidad de garantizar una buena calidad del agua. Esto, como mínimo, requiere un ablandador de agua y controles regulares de su desempeño. Solo 1 mm de escala dentro de una caldera aumentará su factura de combustible en un 7-10 % debido a la mala conductividad térmica de los depósitos de escala. Desafortunadamente, la escala se acumulará en las partes más calientes de una caldera, por lo que estas partes ganarán la capa más gruesa de la escala, lo que provocará un sobrecalentamiento localizado y un daño permanente a la caldera. Sin embargo, un problema clave que a menudo se pasa por alto es la consecuencia de que una caldera no esté disponible debido a un mantenimiento o una avería. Al igual que con cualquier otro equipo, una caldera de vapor será más confiable cuando se la revise regularmente y, afortunadamente, se necesita un nivel mínimo de mantenimiento anual debido al requisito legal de tener la necesidad de que su caldera sea inspeccionada anualmente. Con suerte, esta oportunidad también se puede utilizar para realizar todas las tareas de servicio de rutina, pero se debe tener en cuenta que, dependiendo del nivel de uso, una caldera puede requerir inspecciones de mantenimiento y servicio más frecuentes.

4. Se comprobó que al realizar los tratamientos de agua y el debido mantenimiento calendarizado se incrementa la eficiencia de la caldera y por lo tanto la calidad del vapor también aumenta tal como se graficó en las simulaciones.
5. Se estableció que una de las piezas más importantes de equipos industriales en muchas plantas e instalaciones es la caldera. Las calderas proporcionan el vapor necesario para impulsar las turbinas, proporcionar calor de proceso y cumplir una serie de otras funciones críticas para la operación. Sin embargo, la caldera también es un equipo sensible que debe mantenerse con mucho cuidado para que funcione de manera segura y eficiente. De hecho, el mantenimiento de la caldera es un tema demasiado profundo y dentro de los principales se mencionan evitar accidentes, evita paradas y cortes, ayuda a aumentar y mantener la eficiencia de la caldera, puede aumentar la vida útil de servicio de una caldera. El mantenimiento de la caldera en última instancia puede ahorrar dinero a las instalaciones industriales.
6. Se realizó un inventario y se determinaron los procedimientos a realizar para el mantenimiento de dichos equipos.
7. Se determinó que se obtendrá un ahorro de combustible del 12,78 % anual el cual representa Q. 1 024 861,90 quetzales en promedio de ahorro en quetzales por lo que dicho plan representa un ahorro significativo para la industria donde se implementó.

RECOMENDACIONES

1. Garantizar que las calderas se mantengan con corrección funcionando, especialmente para los sitios que operan una serie de calderas, las empresas deben considerar cursos de capacitación para sus ingenieros de servicio y operarios de calderas. La capacitación también tiene un valor incalculable para los empleadores, ya que los operadores manejan más de su propio mantenimiento y reparación y evitan las llamadas a las 'averías de la caldera' que no requieren más que la simple pulsación de un interruptor para resolver. La capacitación práctica debe estar disponible en el sitio o en un centro de capacitación y debe incluir todos los aspectos del servicio, incluida la información del producto, la operación diaria, el servicio y el mantenimiento, y debe estar estructurada de acuerdo con las necesidades de la persona y las personas de la compañía. Por ejemplo, si una organización de servicio dedicada debe prestar servicio a una caldera, se puede capacitar a sus ingenieros. Sin embargo, si es mantenido por el propietario, y como no hay dos instalaciones de calderas iguales, algunos fabricantes pueden preferir realizar cursos en las instalaciones de los clientes para que los técnicos e ingenieros de los clientes aprendan a mantener y reparar el equipo que estarán monitoreando.
2. Documentar todo trabajo realizado a cualquier maquinaria en la industria, es importante enfatizar la necesidad de mantener registros minuciosos de la caldera y revisarlos regularmente. Es solo evaluando rutinariamente el desempeño pasado que se pueden detectar tendencias en la función general y la eficiencia de una caldera y sus sistemas de componentes.

Cualquier actividad de mantenimiento debe detallarse meticulosamente en el registro de la caldera para que los futuros técnicos puedan identificar fácilmente los problemas recurrentes.

3. Los programas de mantenimiento tienen un precio, por lo que los gerentes deben determinar si los beneficios superan los costos. La respuesta depende de las necesidades de las instalaciones. La mayoría de los gerentes estarían de acuerdo en que la prevención de fallas disminuye el tiempo de inactividad, pero también existen otras ventajas, que incluyen: seguridad mejorada y fiabilidad del sistema, costo reducido de reemplazo, mejor gestión de inventario, ciclos de mantenimiento predictivo, ahorro de energía y agua, minimiza el tiempo de inactividad durante la inspección anual de la caldera. Un programa de mantenimiento proporciona el mayor beneficio cuando aumenta la tasa de fallos de los componentes del sistema y el costo general del programa es menor que el costo de una reacción correctiva. Los costos correctivos pueden ser difíciles de cuantificar porque incluyen costos intangibles, como juicios por el fracaso de elementos de seguridad vital o de misión crítica, y la pérdida de buena voluntad. El gráfico en esta página muestra las curvas de costo para el mantenimiento preventivo y correctivo. Observe que a medida que aumenta el tiempo, los costos de un programa de PM se reducen exponencialmente. De manera similar, pero a la inversa, los costos de un programa de mantenimiento correctivo se aceleran con el tiempo. La adición de estas dos curvas revela un punto de costo mínimo que indica la edad de reemplazo óptima. Pero para comprender estos costos, los gerentes primero deben entender el sistema de caldera y los problemas de mantenimiento que rodean a sus componentes.

BIBLIOGRAFÍA

1. AVALLONE, Eugene; BAUMEISTER, Theodore. *Manual del ingeniero mecánico*. 9a ed. México: McGraw-Hill, 1994. 75 p.
2. Beta. *Principios de funcionamiento de calderas*. [en línea]. <<https://beta.spiraxsarco.com/learn-about-steam/the-boiler-house/shell-boilers>>. [Consulta: 10 de febrero de 2019].
3. Boetersbkc. *Manual mantenimiento y operación*. [en línea]. <[http://www.boetersbkc.nl/images/KETEL %20HANDLEIDING %20ENG.pdf](http://www.boetersbkc.nl/images/KETEL%20HANDLEIDING%20ENG.pdf)>. [Consulta: 10 de marzo de 2019].
4. Bosch. *Componentes industriales para calderas*. [en línea]. <https://www.bosch-industrial-asean.com/files/BR_BoilerHouseComponents_en_COM_AS.pdf>. [Consulta: 10 de febrero de 2019].
5. Cannon. *Manual técnico de calderas de vapor*. [en línea]. <http://www.autoflame.cl/wp-content/uploads/2017/05/2013_EN_SG_Light.compressed.pdf>. [Consulta: 10 de marzo de 2019].
6. CENGEL, Yunus; BOLES, Michael. *Termodinámica*. 2a ed. México: McGraw-Hill, 1996. 421 p.
7. El Procus. *Reguladores de tensión*. [en línea]. <<https://www.elprocus.com/types-of-voltage-regulators-and-working-principle/>>. [Consulta: 10 de marzo de 2019].

8. Mechanical Galaxy. *Limpieza externa de calderas tubulares*. [en línea]. <<http://mechanicalgalaxy.blogspot.com/2014/03/external-cleaning-boiler-tubes.html>>. [Consulta: 3 de febrero de 2019].
9. Optispark. *Automatización de calderas*. [en línea]. <http://www.enerdot.lv/2013_EN_Optispark.pdf>. [Consulta: 10 de marzo de 2019].
10. Savree. *Visores industriales de nivel*. [en línea]. <<https://savree.com/en/product/3d-double-plate-type-boiler-gauge-glass/>>. [Consulta: 10 de marzo de 2019].
11. SOISSON, Harold. *Instrumentación industrial*. México: Limusa, 1988. 105 p.
12. Sustainability Victoria. *Eficiencia energética: vapor, agua caliente y procesos de vapor*. [en línea]. <www.sustainability.vic.gov.au>. [Consulta: 10 de febrero de 2019].
13. VARGAS ZUÑIGA, Angel. *Calderas industriales y marinas*. 2a ed. Guayaquil, Ecuador: Series VZ, 1996. 65 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Formato CMC.1.1.1.2019 corto plazo

FORMATO CMC.1.1.1.2019	Mantenimiento preventivo/Correctivo	Fecha Inicio	Fecha Final
Nombre maquinaria			
Datos Técnico-Supervisor Responsable			
Nombre Responsable mantenimiento			
Puesto:			
Nombre del Encargado de maquina	DPI	Firma	
En caso de que el equipo se encuentre en buen estado colocar un <input checked="" type="checkbox"/> de lo contrario X			
CALDERA INSPECCION DIARIA			
ACCIÓN A REALIZAR	ESTACIÓN	ESTADO	MANTO CORRECTIVO - PREVENTIVO
Limpieza en la salida de la llama	QUEMADOR		
Limpieza superficial y controles	CALDERA		
Se debe de purgar la caldera cada 6 horas de trabajo continuo, aca se debe de incluir purga de fonod como sus columnas	AGUA DE CALDERA		
Presion adecuada de acuerdo a las especificaciones	MANOMETRO		
Temperatura de gas de salida debe ser la indicada a la caldera	CHIMENEA		
CALDERA INSPECCION SEMANALMENTE			
ACCIÓN A REALIZAR	ESTACIÓN	ESTADO	MANTO CORRECTIVO - PREVENTIVO
Se verifica fugas de gas y aire de alimentacion de la caldera	TAPAS DE CALDERA		
Lavado de filtros de ingreso a la caldera y bomba de alimentación	FILTROS BOMBA Y CONDENSADO		
Remover agregados en electrodo	PILOTO		
se debe de inspeccionar las tapas de la bomba	TAPAS DE BOMBA ALIMENTACION		
CALDERA INSPECCION QUINCENALMENTE			
ACCIÓN A REALIZAR	ESTACIÓN	ESTADO	MANTO CORRECTIVO - PREVENTIVO
Limpiar todos los filtros	FILTROS		
Comprobar que no tenga variacion color de la flama	FLAMA		
Se debe revisar, flama, temperatura, presión, estado físico. Se debe efectuar limpieza y ajustar el mismo	QUEMADOR		
limpiar conductores y el conector	FOTOCELDA		

Nombre y Firma Inspector

Nombre y Firma Operador

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Formato CMC.1.1.2.2019 mediano plazo**

FORMATO CMC.1.1.2.2019	Mantenimiento preventivo/Correctivo	Fecha Inicio	Fecha Final
Nombre maquinaria			
Nombre del Encargado de maquina	DPI	Firma	
En caso de que el equipo se encuentre en buen estado colocar un <input checked="" type="checkbox"/> de lo contrario X			
CALDERA INSPECCION MENSUAL			
ACCIÓN A REALIZAR	ESTACIÓN	ESTADO	MANTO
Verificar funciones de filtros, tanque, válvula, bomba. Realizar manto	BOMBA DE AGUA		
Verificar que el niveles de agua este en el limite	COLUMANA DE AGUA		
debe estar sobre los 32mm calibrar interruptor de bomba	NIVEL BAJO DE AGUA		
Verificar con la column de agua si funciona adecuadamente	FLOTADOR		
Voltaje en fases	MOTORES		
Revisar bloque de protección	PROGRAMADOR		
Temperatura de gas de salida debe ser la indicada a la caldera	MANDOS ELECTRONICOS		
CALDERA INSPECCION TRIMESTRAL			
ACCIÓN A REALIZAR	ESTACIÓN	ESTADO	MANTO CORRECTIVO - PREVENTIVO
Se debe de hacer revisión del estado en cámara de combustión	CAMARA DE COMBUSTIÓN		
Verificar los tubos internos en caldera	TUBOS DE CALDERA		
Remover la suciedad de las aspas	VENTILADOR		
Se verifica la temperatura, si es menor a 80°C correcto de lo contrario limpieza por acumulacion de hollin	CHIMENEA		
Jalar de palanca para evitar que estas se peguen	VALVULA DE SEGURIDAD		
Verificar que se accionesn automaticamente y no exista fuga	VALVULAS		
Verificar acople y aliniacion del motor	MOTOR DE BOMBA		

Nombre y Firma Inspector

Nombre y Firma Operador

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Formato CMC.1.1.3.2019 largo plazo

FORMATO CMC.1.1.3.2019	Mantenimiento preventivo/Correctivo	Fecha Inicio	Fecha Final
Nombre maquinaria			
Datos Técnico-Supervisor Reponsable			
Nombre Responbsble mantenimiento			
Puesto:			
Nombre del Encargado de maquina	DPI	Firma	
En caso de que el equipo se encuentre en buen estado colocar un <input checked="" type="checkbox"/> de lo contrario X			
CALDERA INSPECCION SEMESTRAL			
ACCIÓN A REALIZAR	ESTACIÓN	ESTADO	MANTO CORRECTIVO - PREVENTIVO
Limpiar los contactos y arranques se debe de hacer con cloruro de carbono	CONTROL DE COMBUSTION		
Lavar el interior de la caldera a presión	CALDERA		
Limpiar los tubos del lado de fuego	ESPEJOS		
Consultar por tratameinto termico	CALIDAD DE AGUA		
Verificar si es hermeticidad de la tapa	TAPAS DE CALDERA		
Verificar que el funcionamiento sea el adecuado	VALVULA DE SEGURIDAD		
Lavar los manómetros de toda la cladera	MANOMETRO Y CONTROL DE PRESIÓN		
CALDERA INSPECCION ANUAL			
ACCIÓN A REALIZAR	ESTACIÓN	ESTADO	MANTO CORRECTIVO - PREVENTIVO
Realizar análisis de aguas, limpieza química del interior de la caldera	CALIDAD DE AGUA		
Reemplazo los baleros defectuoso	BOMBA DE AGUA		
Verificar estado de bobina y prueba de aislamiento	MOTOR DE BOMBA		
Verificar todas las válvulas de control de la caldera hacer limpieza química	VÁLVULAS DE CALDERA		

Nombre y Firma Inspector

Nombre y Firma Operador

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. Formato CMCOM.1.2.2019

FORMATO CMCOM.1.2.2019	Mantenimiento preventivo/Correctivo	Fecha Inicio	Fecha Final
Nombre maquinaria			
Datos Técnico-Supervisor Responsable			
Nombre Responsable mantenimiento			
Puesto:			
Nombre del Encargado de maquina	DPI	Firma	
En caso de que el equipo se encuentre en buen estado colocar un <input type="checkbox"/> de lo contrario X			
COMPRESOR INSPECCION CORTO PLAZO			
ACCIÓN A REALIZAR	ESTACIÓN	ESTADO	MANTO CORRECTIVO - PREVENTIVO
Verificar que este trabajando a presión adecuada	MANOMETRO		
Verificar que no tenga residuos ni partuculas que eviten el paso de aire	TOMA DE AIRE		
Se debe depurara diariamente despues de su uso	VÁLVULA DE PURGA		
Limpeza diaria a la salida de aire del compresor	SALIDA DE AIRE DE COMPRESOR		
COMPRESOR INSPECCION MEDIANO PLAZO			
ACCIÓN A REALIZAR	ESTACIÓN	ESTADO	MANTO CORRECTIVO - PREVENTIVO
Verificar interio despues de realizar purgas	TUBO COLECTOR		
Verificar que tenga accion neumatica correcta	PRESOSTATO		
Validar que no tenga grietas y este sin golpes	BLOQUE COMPRESOR		
Verificar que la válvula este funcionando adecuadamente	VÁLVULA ANTI RETORNO		
COMPRESOR INSPECCION ANUAL			
ACCIÓN A REALIZAR	ESTACIÓN	ESTADO	MANTO CORRECTIVO - PREVENTIVO
Limpiar todos los filtros	FILTROS		
Hacer revision de todo el tanque para validad que no tenga golpe externos	DEPOSITO		
validar que las presiones usadas son las adecuadas, que no tenga humedad el manometro	MANOMETRO		
Efectuar pruebas para validar que este en buen estado	BOTON		

Nombre y Firma Inspector

Nombre y Firma Operador

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. **Formato CMQ.1.1.2019**

FORMATO CMQ.1.1.2019	Mantenimiento preventivo/Correctivo	Fecha Inicio	Fecha Final
Nombre maquinaria			
Datos Técnico-Supervisor Responsable			
Nombre Responsable mantenimiento			
Puesto:			
Nombre del Encargado de maquina	DPI	Firma	
En caso de que el equipo se encuentre en buen estado colocar un <input type="checkbox"/> de lo contrario X			
QUEMADORES MEDIANO PLAZO MENSUAL - TRIMESTRAL			
ACCIÓN A REALIZAR	ESTACIÓN	ESTADO	MANTO
	ELETROVÁLVULA		
	VENTILADOR		
	BOQUILLAS		
	DISCO ESTABILIZADOR		
	CLAPETA DEL AIRE		
QUEMADORES LARGO PLAZO SEMESTRAL - ANUAL			
ACCIÓN A REALIZAR	ESTACIÓN	ESTADO	MANTO
	REGULADOR		
	CELULA FOTOELECTRICA		
	TRANSFORMADOR		
	PISTON HIDRAULICO		
	ELECTRODOS		
	VÁLVULA 3 VIAS		

Nombre y Firma Inspector

Nombre y Firma Operador

Fuente: elaboración propia.

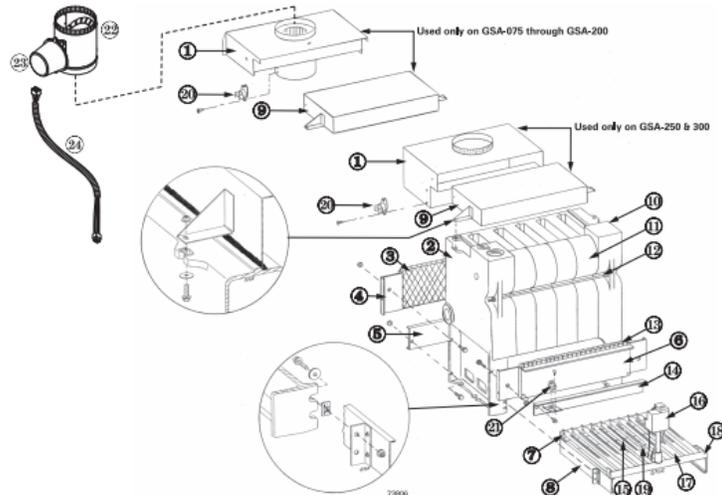
ANEXOS

Anexo 1. Cuerpo de caldera

12 Replacement parts

Figure 25 Section assembly, flue collector, draft hood, vent damper and base assembly

WARNING The boiler contains ceramic fiber and fiberglass materials. Use care when handling these materials per instructions on page 22 of this manual. Failure to comply could result in severe personal injury.



Item number	Description	Part number
1	Drafthood	GSA-075 450-021-255WT
		GSA-100 450-021-256WT
		GSA-125 450-021-257WT
		GSA-150 450-021-258WT
		GSA-175 450-021-259WT
		GSA-200 450-021-260WT
		GSA-250 450-021-261WT
GSA-300 450-021-262WT		
Base insulation kit: Consists of items 3 and 13.		510-811-860WT
2	End section, left hand, 1813	311-800-007WT
3	Back base panel insulation (in base insulation kit)	
4	Back base panel	GSA-075 & GSA-100 451-800-010WT
		GSA-125 & GSA-150 451-800-011WT
		GSA-175 & GSA-200 451-800-012WT
		GSA-250 451-800-013WT
GSA-300 451-800-014WT		
5	Back base channel	GSA-075 & GSA-100 451-800-020WT
		GSA-125 & GSA-150 451-800-021WT
		GSA-175 & GSA-200 451-800-022WT
		GSA-250 & GSA-300 451-800-023WT
6	Front base panel	GSA-075 & GSA-100 451-800-000WT
		GSA-125 & GSA-150 451-800-001WT
		GSA-175 & GSA-200 451-800-002WT
		GSA-250 451-800-003WT
		GSA-300 451-800-004WT
7	Back burner support	GSA-075 451-800-086WT
		GSA-100 451-800-088WT
		GSA-125 451-800-087WT
		GSA-150 451-800-088WT
		GSA-175 451-800-089WT
		GSA-200 451-800-090WT
GSA-250 451-800-092WT		
GSA-300 451-800-095WT		
8	Burner pan side rail	451-800-070WT
9	Collector hood	GSA-075 & GSA-100 450-014-733WT
		GSA-125 & GSA-150 450-014-734WT
		GSA-175 & GSA-200 450-014-735WT
		GSA-250 450-014-736WT
GSA-300 450-014-737WT		
Section replacement kit (Consists of: rope glass and 1 each 3" and 6" square cut seals)		381-800-100WT
10	End section, right hand, 18128	311-800-029WT
11	Intermediate section, 1815	311-800-010WT

Item number	Description	Part number
12	Tie rod, 1/2"	GSA-075 & GSA-100 560-234-470WT
		GSA-125 & GSA-150 560-234-475WT
		GSA-175 & GSA-200 560-234-480WT
		GSA-250 560-234-485WT
		GSA-300 560-234-490WT
13	Front base panel insulation (in base insulation kit)	
14	Base access panel	GSA-075 & GSA-100 451-800-040WT
		GSA-125 & GSA-150 451-800-041WT
		GSA-175 & GSA-200 451-800-039WT
		GSA-250 451-800-042WT
GSA-300 451-800-044WT		
15	Burner Regular Burner Assembly with pilot bracket (GSA-075N-I thru GSA-250N-I)	512-200-000WT
		512-200-001WT
16	Gas valve – see Controls on page 38	
17	Main burner orifice – Natural gas	560-528-987WT
18	Burner manifold	GSA-075 591-125-533WT
		GSA-100 591-125-538WT
		GSA-125 591-125-534WT
		GSA-150 591-125-539WT
		GSA-175 591-125-535WT
		GSA-200 591-125-540WT
GSA-250 591-125-541WT		
GSA-300 591-125-542WT		
19	Pilot burner assembly – see Controls on page 38	
20	Spill switch	510-300-013WT
21	Rollout thermal fuse element	512-050-230WT
22	Vent damper	5" (GSA-074 thru 100) 381-800-475WT
		6" (GSA-125 thru 150) 381-800-476WT
		7" (GSA-175 thru 200) 381-800-477WT
		8" (GSA-250 & 300) 381-800-478WT
23	Vent damper actuator only with vent-damper above	
24	Vent damper harness	591-391-795WT

Continuación del anexo 1.

12 Replacement parts continued

Figure 26 Jacket assembly

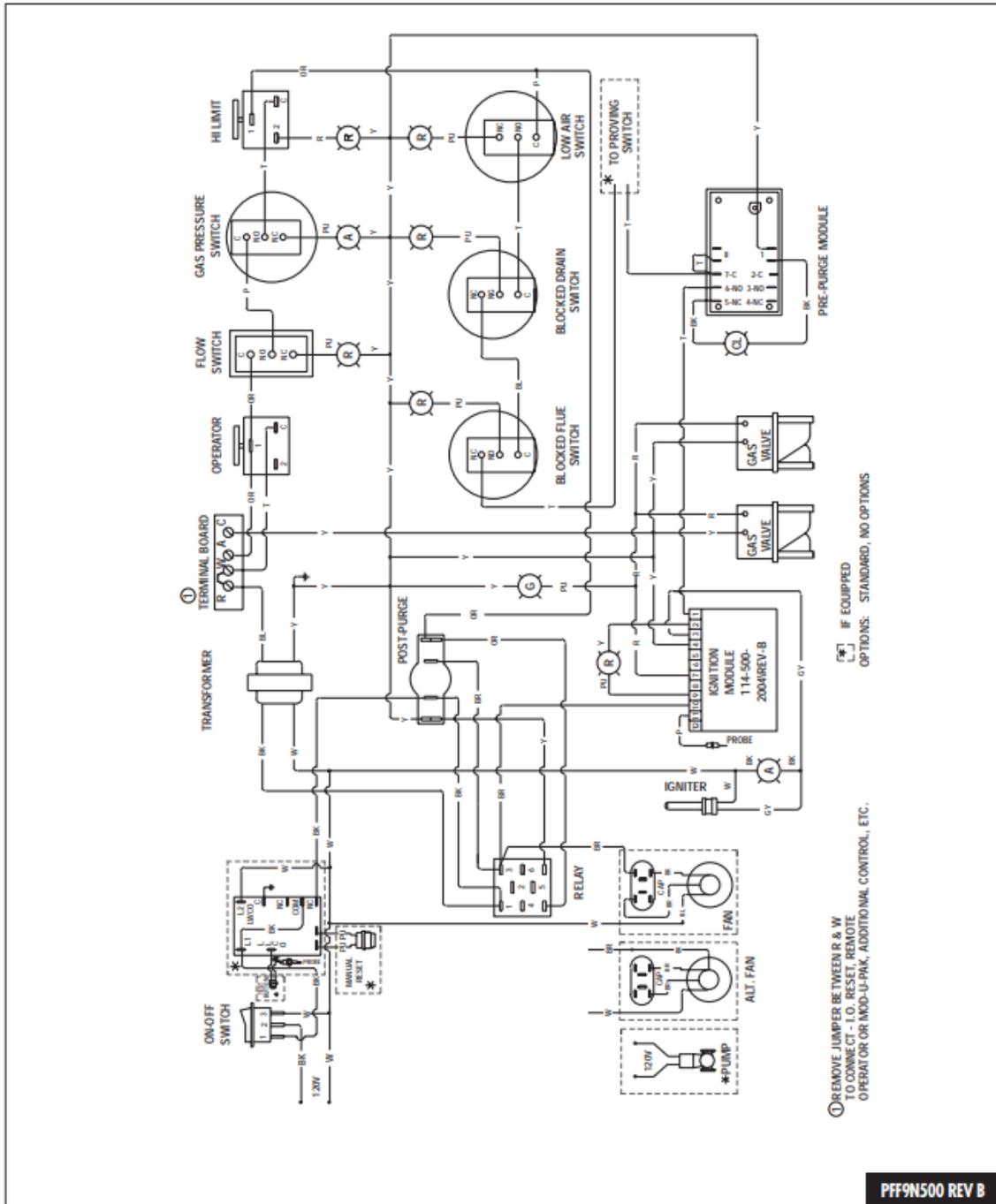
WARNING The boiler contains ceramic fiber and fiberglass materials. Use care when handling these materials per instructions on page 22 of this manual. Failure to comply could result in severe personal injury.

73810

Item number	Description	Part number
1	Jacket panel, left side	421-800-150WT
2	Jacket panel, top	GSA-075 & GSA-100 421-800-152WT GSA-125 & GSA-150 421-800-153WT GSA-175 & GSA-200 421-800-154WT GSA-250 421-800-155WT GSA-300 421-800-156WT
3	Jacket panel, right side	GSA-075 421-800-198WT GSA-100 421-800-199WT GSA-125 421-800-200WT GSA-150 421-800-201WT GSA-175 421-800-202WT GSA-200 421-800-210WT GSA-250 421-800-211WT GSA-300 421-800-212WT
4	Jacket panel, door	GSA-075 & GSA-100 421-800-167WT GSA-125 & GSA-150 421-800-168WT GSA-175 & GSA-200 421-800-169WT GSA-250 421-800-170WT GSA-300 421-800-171WT
5	Jacket panel, interior	GSA-075 & GSA-100 421-800-162WT GSA-125 & GSA-150 421-800-163WT GSA-175 & GSA-200 421-800-164WT GSA-250 421-800-165WT GSA-300 421-800-166WT
6	Jacket panel, rear	GSA-075 & GSA-100 421-800-157WT GSA-125 & GSA-150 421-800-158WT GSA-175 & GSA-200 421-800-159WT GSA-250 421-800-160WT GSA-300 421-800-161WT
7	Bottom cross tie	GSA-075 & GSA-100 421-800-172WT GSA-125 & GSA-150 421-800-173WT GSA-175 & GSA-200 421-800-174WT GSA-250 421-800-175WT GSA-300 421-800-190WT
8	Junction box, 4 x 4 (Available at local supply house)	

Fuente: BKC. *Operation and maintenance manual*. <http://www.boetersbkc.nl/images/KETEL%20HANDLEIDING%20ENG.pdf>>. Consulta: 10 de marzo de 2019.

Anexo 2. Diagramas de conexiones



Fuente: SOISSON, Harold. *Instrumentación industrial*. p. 105.

