



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

**PROPUESTA DE AHORRO DE ENERGÍA, MEDIANTE EL USO ADECUADO
DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR Y RETORNO DE
CONDENSADO, EN UNA EMPRESA TEXTIL**

Ronald Gustavo Hernández Bosarreyes
Asesorado por el Ing. Julio Cesar Campos Paiz.

Guatemala, febrero de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE AHORRO DE ENERGÍA, MEDIANTE EL USO ADECUADO
DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR Y RETORNO DE
CONDENSADO, EN UNA EMPRESA TEXTIL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

RONALD GUSTAVO HERNANDEZ BOSARREYES
ASESORADO POR: EL ING. JULIO CESAR CAMPOS PAIS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE LA JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO: Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR: Ing. Javier Mauricio Reyes Paredes
EXAMINADOR: Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
EXAMINADOR: Inga. Leny Virginia Gaitan Rivera
SECRETARIO: Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

PROPUESTA DE AHORRO DE ENERGÍA, MEDIANTE EL USO ADECUADO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR Y RETORNO DE CONDENSADO, EN UNA EMPRESA TEXTIL,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 9 de octubre de 2006.



Ronald Gustavo Hernández Bosarreyes

Guatemala, 18 de septiembre de 2007.

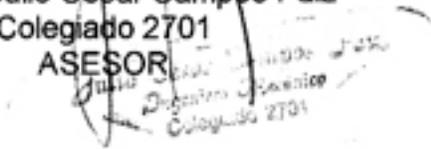
Ingeniero
José Francisco Gómez Rivera
Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Ciudad de Guatemala
Presente,

Por este medio me permito informar, que se procedió a la asesoría y revisión del trabajo de graduación titulado **"PROPUESTA DE AHORRO DE ENERGIA MEDIANTE EL USO ADECUADO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION DE VAPOR Y RETORNO DE CONDENSADO EN UNA EMPRESA TEXTIL"** elaborado por el estudiante Ronald Gustavo Hernández Bosarreyes, y después de haberle realizado las correcciones pertinentes considero que cumple con los objetivos trazados.

Por lo tanto hago de su conocimiento que, a mi criterio, el trabajo presentado reúne los requisitos necesarios para continuar el proceso correspondiente.

Atentamente,


MA Ing. Julio Cesar Campos Paiz
Colegiado 2701
ASESOR





Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PROPUESTA DE AHORRO DE ENERGIA MEDIANTE EL USO ADECUADO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR Y RETORNO DE CONDENSADO EN UNA EMPRESA TEXTIL**, presentado por el estudiante universitario **Ronald Gustavo Hernández Bosarreyes**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Renaldo Giron Alvarado
COLUCUADO 3177

Ing. Renaldo Giron Alvarado
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela Mecánica Industrial

Guatemala octubre de 2007



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 **PROPUESTA DE AHORRO DE ENERGÍA, MEDIANTE EL USO ADECUADO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR Y RETORNO DE CONDENSADO, EN UNA EMPRESA TEXTIL**, presentado por el estudiante universitario **Ronald Gustavo Hernández Bosarreyes**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo

ID Y ENSEÑADA TODOS

Ing. José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR
Escuela Mecánica Industrial

Guatemala, febrero de 2008.



/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE AHORRO DE ENERGÍA, MEDIANTE EL USO ADECUADO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR Y RETORNO DE CONDENSADO, EN UNA EMPRESA TEXTIL**, presentado por el estudiante universitario **Ronald Gustavo Hernández Bosarreyes**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, febrero de 2008.

/mestras

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Reseña histórica de la empresa	2
1.1.1. Ubicación	2
1.1.2. Misión	2
1.1.3. Visión	2
1.2. Estructura Organizacional	3
1.2.1. Organigrama	4

1.3.	Calderas pirotubulares	4
1.3.1.	Descripción	4
1.3.2.	Definición	4
1.4.	Vapor	5
1.4.1.	Creación del vapor	5
1.4.2.	Principios básicos	6
1.4.3.	Calor Sensible	6
1.4.4.	Calor Latente	7
1.5.	Trampas de vapor	7
1.5.1.	Definición	8
1.5.2.	Tipos de Trampas	9
1.5.3.	Pérdidas de vapor	10
1.5.4.	Venteo del CO ₂	10
1.5.5.	Contrapresión	10
1.5.6.	Suciedad en las líneas de vapor	10
2.	SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR	11
2.1.	Generación de vapor	11
2.1.1.	Caldera Pirotubular CB-800	12
2.1.2.	Caldera Pirotubular CB-400	13
2.1.3.	Instrumentos de control	13
2.1.3.1.	Quemador	14
2.1.4.	Controles de la caldera	16
2.1.5.	Controles de vapor	21
2.1.6.	Controles de agua caliente	22
2.1.7.	Controles de gas	25

2.1.8.	Controles de aceite	26
2.1.9.	Aire para combustión	28
2.2.	Eficiencia de las calderas	30
2.2.1.	Parámetros de la eficiencia	31
2.3.	Tratamiento del agua en las calderas	36
2.3.1.	Tratamiento externo	37
2.3.2.	Precipitación	38
2.3.3.	Eliminación de hierro	40
2.3.4.	Coagulación	42
2.3.5.	Intercambio iónico	45
2.4.	Tratamiento con fosfonatos	45
2.4.1.	Proceso de regeneración	46
2.4.2.	Retro-lavado	47
2.4.3.	Regeneración	47
2.4.4.	Enjuague Lento	47
2.4.5.	Sal para la regeneración	48
2.5.	Tratamiento Interno	49
2.5.1.	Tratamiento químico actual	49
2.5.2.	Personal	50
2.5.3.	Agua de alimentación	51
2.5.4.	Suavizadores	52
2.5.5.	Combustión	55
2.5.6.	Condensado	56
2.5.7.	Tratamiento químico	57
2.5.7.1.	Químico W-2145	58
2.5.7.2.	Químico W-2200	59
2.5.7.3.	Químico W-2350	60
2.5.7.4.	Químico W-2103	62

2.6.	Sólidos disueltos en el Agua	64
2.6.1.	Medición de TDS	65
2.6.2.	Purgas actuales	66
2.6.3.	Consumos de agua	69
2.7.	Distribución de Vapor	70
2.7.1.	Piernas colectoras	71
2.7.2.	Golpes de ariete	74
2.7.3.	Estado de Trampas	77
2.7.3.1.	Pérdidas de energía	83
2.8.	Aislamiento en tuberías	84
2.8.1.	Estimación del costo por pérdidas de calor	85
2.9.	Calderas	102
2.9.1.	Tratamiento químico	102
2.9.2.	Costos	103
3.	PROPUESTA PARA OPTIMIZAR EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR	104
3.1.	Trampas de vapor en mal estado	105
3.1.1.	Costo por reposición	124
3.1.2.	Estimación del ahorro que se obtendrá	128
3.2.	Material aislante en tuberías	128
3.2.1.	Cálculo del material aislante faltante	128
3.2.2.	Estimación del ahorro que se obtendrá	129

3.3. Implementación de mantenimiento preventivo en la distribución de vapor	131
3.3.1. Control de trampas de vapor	131
3.3.2. Control de fugas en la tubería	135
3.3.3. Control de PH en condensado	137
3.3.4. Control de CO2 en condensado	138
3.3.5. Control diario de calderas	140
3.3.6. Control de consumos de agua	141
3.3.7 Parámetros fisicoquímicos de las calderas	143
3.4. Mejoras al tratamiento Químico de Las Calderas	144
3.4.1. Tratamiento interno	145
3.4.2. Tratamiento externo	146
3.4.3. Condensado	147
3.4.4. Combustión	147
3.4.5. Suavizadores	148
3.4.6. Agua de alimentación	148
3.4.7. Instalación de purga automática	148

4. IMPLEMENTACIÓN DE PROPUESTAS DE AHORRO DE VAPOR

4.1. Acciones a corto plazo	153
4.2. Acciones a mediano plazo	153
4.3. Acciones a largo plazo	153
4.4. Modificaciones a las líneas de vapor.	155
4.4.1. Área de tintorería	157
4.4.2. Área de acabados	158

4.5. Compra de un medidor de TDS	159
4.5.1. Especificaciones del medidor	159
4.5.2. Costos de inversión	161
4.5.3. Beneficios que se obtendrá	162
4.6. Control de Purga	163
4.7. Planificación de mantenimiento preventivo	165
4.7.1. Mantenimiento diario	166
4.7.2. Mantenimiento mensual	167
4.7.3. Mantenimiento trimestral	169
4.7.4. Mantenimiento anual	172
4.8. Manómetros	178
4.8.1. Cantidad requerida	180
4.8.2. Costos de inversión	181
4.8.3. Beneficios que se obtendrá	182
4.9. Análisis de resinas en suavizadores	183
4.9.1. Suavizadores 1	184
4.9.2. Suavizadores 2	185
4.9.3. Suavizadores 3	186
4.10. Mantenimiento a tanque de condensado	186
4.10.1. Material requerido	187
4.10.2. Planificación	188
4.10.3. Costo de inversión	189
4.10.4. Beneficios que se obtendrá	190
4.11. Mantenimiento eléctrico para las calderas	190

5. MEJORA CONTINUA AL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR

5.1. Capacitación al personal	197
5.2. Aperturas de las Calderas	201
5.3. Instaladores de purgadores en tuberías	204
5.3.1. Área de tintorería	205
5.3.2. Área de acabados	206
5.4. Establecer un costo de vapor	206
5.5. Pérdidas de calor en calderas	209
CONCLUSIONES	211
RECOMENDACIONES	213
BIBLIOGRAFÍA	215
ANEXOS	217

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Caldera básica de vapor	15
2	Tablero de control básico	16
3	Caldera básica de agua caliente	19
4	Diagrama del flujo del aire	24
5	Dimensionamiento de pierna colectora	56
6	Dimensionamiento adecuado	58
7	Instalación de purga automática en una caldera	124

TABLAS

I	Pérdidas de vapor	8
II	Análisis comparativo de los combustibles	27
III	Sal para la regeneración	39
IV	Diámetros y longitud adecuados de las piernas colectoras	57
V	Inventario de material aislante	69
VI	Tratamiento químico	85
VII	Inventario de trampas	87
VIII	Resumen de inventario de trampas	93
IX	Diagnóstico de trampas de vapor	101

X	Trampas en mal estado	103
XI	Diámetros y longitud adecuados de las piernas colectoras	104
XII	Material aislante requerido	106
XIII	Descripción técnica de un medidor de TDS	131
XIV	Cantidad de manómetros y material requerido	149
XV	Costo de inversión de los manómetros	150
XVI	Material requerido para manto. de tanque de condensado	154
XVII	Costo de material para el manto. de tanque de condesado	155
XVIII	Corrosión del hierro en el agua	167
XIX	Tabla XIX Efecto de pH vrs. La oxidación	168
XX	Energía requerida para producir una libra de vapor saturado	170
XXI	Pérdidas por radiación	172

LISTA DE SÍMBOLOS

“	Pulgada
Hr	Hora
°F	Grados Fahrenheit
°C	Grados centígrados
R_{ext}	Radio exterior
Plg²	Pulgada cuadrada
Psi	Libras por pulgadas cuadradas
M³	Metros cúbicos
Gls	Galones
Hz	Hertz
Hn	Hierro negro
Ppm	Partes por millón
Fe	Hierro
Vrs	Versus
L	Longitud
P	Presión
Q	Pérdidas de calor
ΔT	Diferencia de temperatura entre la superficie y el ambiente

GLOSARIO

Alcalinidad	Calidad del agua debido a la presencia de hioxilos.
BTU	Se define como la cantidad de calor necesario para incrementar la temperatura de una libra de agua por un grado Fahrenheit.
Calor	Es una forma de energía que se transfiere a través de una frontera debido a una diferencia de temperaturas.
Condensado	Es el líquido que se forma cuando el vapor pierde su calor.
Corrosión	Deterioro o destrucción gradual presente en la tubería por una acción química.
Eficiencia de la Caldera	Cantidad de energía necesaria para convertir el agua de alimentación en vapor en relación a la cantidad de energía correspondiente al combustible utilizado.

Líneas de vapor	Conducto que transporta el vapor a los diferentes procesos que lo requieren.
Golpe de ariete	Es cuando se produce una modificación de la presión en una conducción debida a la variación del estado dinámico del líquido.
Pierna colectora	Proveen espacio suficiente para capturar el condensado y dirigirlo a las trampas de vapor.
P.S.I.	Medidas de presión libras por pulgada cuadrada.
Purga	Pérdida determinada de agua por el sistema de la caldera.
Tanque de condensado	Tanque recolector de las corrientes de condensado.
Trampas de vapor	Una trampa de vapor es una válvula automática que permite eliminar el condensado y aire y otros gases no condensables de las tuberías principales de vapor y equipos que trabajan con vapor.

RESUMEN

El proyecto realizado en ROSAZU, S.A. trata sobre el ahorro de energía en el sistema de distribución de vapor y retorno de condensados, desde las calderas a las áreas de tintorería y Acabados. El capítulo primero presenta una breve reseña histórica de la empresa así como sus funciones generales y los conocimientos previos para un buen sistema de vapor.

En el capítulo segundo, se describe la situación actual del sistema de vapor tomando como base las calderas, la empresa ROSAZU cuenta con dos calderas. Se revisó el tratamiento interno y externo a las calderas así como los productos químicos que se utilizan para el cuidado de las mismas. También se efectuaron los cálculos de los equipos que no cuentan con aislamiento térmico necesario para evitar las pérdidas de energía, y así se pudo determinar el gasto de energía y combustible en un año.

En el capítulo tercero se realizó un inventario de las trampas de vapor, en el cual se analizó el estado actual así como los costos que se están incurriendo por mal funcionamiento de este equipo y los costos de inversión para la reposición de dicho equipo. Actualmente la red actual de vapor no cuenta con un programa de mantenimiento preventivo, lo cual es de vital importancia para cualquier proceso, es por ello que en este capítulo se hizo el control adecuado para el mantenimiento preventivo de las líneas de distribución de vapor.

En el capítulo cuarto se dio a conocer las acciones necesarios para eliminar las pérdidas de energía priorizándolas conforme su grado de necesidad. También se describen los cambios necesarios en las tuberías para aumentar la eficiencia de las líneas de vapor acorde a las necesidades de la empresa.

También se desarrolló la planificación para la implementación del mantenimiento preventivo, así como el mantenimiento eléctrico para las calderas.

En el quinto capítulo se tomó en cuenta las actividades necesarias para la mejora continua del vapor, ya que es muy importante para la empresa obtener los máximos beneficios, no sólo del sistema de vapor sino del personal encargado. También se definió los procedimientos para capacitación necesaria a los operadores, con el objetivo de reforzar los conocimientos básicos requeridos para ese puesto.

OBJETIVOS

General

Proponer el ahorro de energía mediante el uso adecuado de distribución de vapor y retorno de condensado.

Específicos

1. Realizar un diagnóstico general del sistema de distribución de vapor, para conocer en que nivel se encuentra operando.
2. Conocer la cantidad de pérdida de energía por fugas de vapor en líneas, accesorios y en trampas de vapor-
3. Crear un programa de mantenimiento preventivo basado en el ahorro de energía.
4. Realizar un análisis de costos al sistema de vapor actual.
5. Verificar si existen tuberías que no cuentan con aislamiento térmico.
6. Crear una cultura de ahorro en cuanto a vapor se refiere al personal involucrado.
7. Realizar un análisis de costo beneficio al tratamiento químico de las calderas para comprobar si los resultados son los esperados.

INTRODUCCIÓN

El Sistema de Producción de Rosazu por ser una empresa del rubro textil depende enormemente del petróleo, hoy cuando el mundo atraviesa una nueva y fuerte tendencia al aumento en el precio de los combustibles, y además se incrementan los niveles de contaminación, se hace nuevamente importante estudiar, analizar e implementar eficazmente un sistema que este plenamente comprometido con la detección, prevención y eliminación de los desperdicios permita lograr un uso más productivo de la energía.

El ahorro es un concepto económico y como tal va asociado al concepto tiempo. Un equipo consume tanta más energía cuanto más tiempo funciona. Energéticamente cuesta más dinero cuanto más tiempo funciona. En este sentido, el ahorro debe ser una preocupación del usuario del equipo, del consumidor energético, el cual debe tener también la adecuada sensibilidad frente a la conservación de la energía. Es dentro de ésta temática que se debe crear un sistema destinado a la eliminación de desperdicios y despilfarros.

Por ser ROSAZU, una empresa transnacional, es de suma importancia reducir los costos operativos al máximo, porque de éstos dependerá el precio del producto final y por ende, la permanencia de la empresa en el mercado textil.

El estudio que se presenta comprende las mejoras en las líneas de vapor y condensado, trampas de vapor, aislamiento en las tuberías de vapor y condensado y el análisis de la caldera tanto interno como externo refiriéndose al tratamiento de agua. La capacidad del personal encargado de manejar las calderas, dentro de la empresa, llevando así a un óptimo control.

Por tal razón, se evaluó las condiciones actuales de trabajo de la distribución de vapor. Para proponer un plan de mantenimiento preventivo al equipo involucrado en la creación del vapor, se sugiere la realización de un estricto control a los parámetros químicos dentro de la caldera, para verificar que estos mismos están trabajando de forma adecuada y al mismo tiempo poder garantizar que la caldera trabaja y se mantiene en toda su estructura en forma óptima.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1 Reseña histórica de la empresa

Industrias ROSAZU S.A. empezó en Guatemala, en 1979 con la fabricación de telas de tejido de punto para el mercado local, extendiendo su presencia a lo largo de la región centroamericana.

Permaneció intacta su estructura la mayor parte de los años ochentas siempre con el ideal de brindar a los clientes regionales un producto de alta calidad, precios competitivos y servicio basados en los clientes.

En 1990, Industria ROSAZU S. A. obtuvo su primer contrato de vestido-industrial internacional motivando la apertura de dos nuevas plantas para la producción de clientes extranjeros. En 1998, Industria ROSAZU empezó con la inclusión de una planta capaz de producir tejidos elásticos, etiquetas y materiales imprimibles. Estos artículos son considerados los suministros esenciales en la industria de la ropa.

En 2003, ROSAZU fue adquirida por grupo MERLET de El Salvador, esta empresa se dedica a la confección de prendas, con el objetivo de fabricar su propio tejido de punto, teñido y acabado final, así como el equipo de apoyo en los laboratorios de calidad, desarrollo de tejido y tratamiento de aguas residuales decidió adquirir ROSAZU.

La adquisición se hizo con el solo propósito de servir bien a sus clientes y consolidarse en el mercado textil en el ámbito mundial como una empresa sólida y duradera.

1.1.1 Ubicación

La empresa ROSAZU S.A. se encuentra ubicada en lote 55 colonia Monte María Aldea el Pajón Municipio de Santa Catarina Pínula.

1.1.2 Misión

Ofrecer al cliente un producto de calidad que cumpla con sus exigencias y necesidades y que al mismo tiempo permita competir tanto en el mercado nacional como el internacional.

1.1.3 Visión

Ser la mejor empresa en su ramo de toda Centroamérica, así como extender su cadena de tiendas por el resto del territorio Centro Americano, sin temor a los cambios

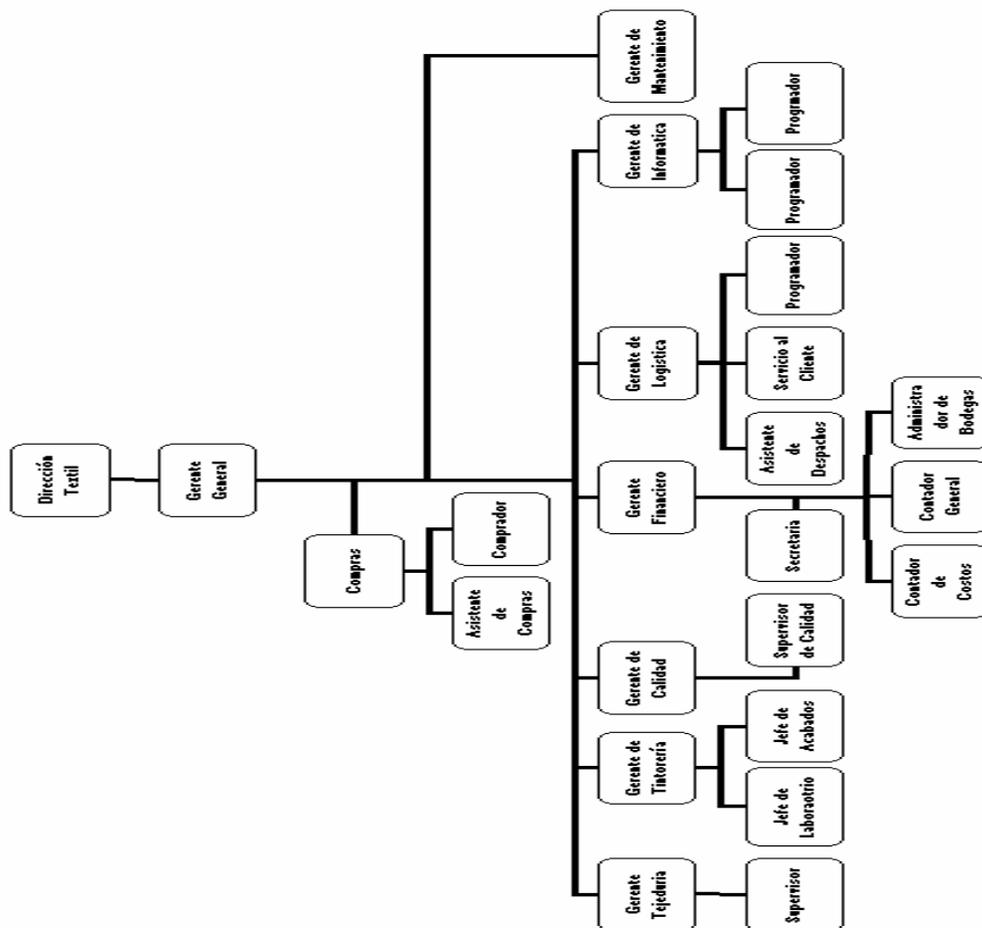
1.2 Estructura Organizacional

El área administrativa de la empresa, aplica el manejo de un conjunto de actividades en forma sincronizada en sus diferentes niveles para alcanzar la visión, misión y objetivos trazados por los principios básicos de la administración.

La estructura de ROSAZU se puede agrupar generalmente en cuatro grandes áreas funcionales como son:

- El Área de Producción
- El Área Administrativa y Financiera
- El Área de Recursos Humanos
- El Área de Mantenimiento y soporte

1.2.1 Organigrama



1.3 Calderas Pirótubulares

1.3.1 Descripción

Un generador de vapor puede definirse como un equipo que, dentro de sus capacidades genera y entrega vapor en la cantidad, calidad y oportunidad requerida por el usuario final, en forma continua y en operación económica y segura.

1.3.2 Definición

En estas calderas, los gases de combustión son obligados a pasar por el interior de unos tubos, que se encuentran sumergidos en la masa de agua. Todo el conjunto, agua y tubo de gases, se encuentra rodeado por una carcasa exterior. Los gases calientes, al circular por los tubos, ceden calor, el cual se transmite a través de los tubos, y posteriormente al agua.

La presión de trabajo normalmente no excede los 20 Kg. /cm², ya que a presiones más altas obligaría a espesores de carcasa demasiados grandes. Su producción de vapor máxima se encuentra alrededor de 25 ton/hr.

Las calderas pirótubulares se clasifican en:

- a) Combustibles líquidos (Calderas de hogar integral y Calderas compactas con tubo hogar).

- b) Combustibles gaseosos.

1.4 Vapor

Es un gas invisible que se genera cuando se le añade energía calorífica al agua en una caldera. Se necesita añadir suficiente energía para que se eleve la temperatura del agua hasta su punto de ebullición. Después de ello, cualquier energía adicional transforma el agua en vapor, sin un incremento en la temperatura.

El vapor de agua es un vehículo para transferir calor en forma bastante eficiente y fácil de controlar. Es usado para transportar energía desde un punto central (la caldera) hasta varios lugares en la fábrica donde se utilizan para calentar aire, agua o para diversos usos en el proceso. Como ya se mencionó, se requiere de energía (Kj) adicional para transformar energía en realidad no se pierde sino que se almacena en el vapor y esta disponible para actividades como calentar el aire, cocer tomates, planchar pantalones o secar un rollo de papel.

1.4.1 Creación del vapor

El vapor se crea añadiendo energía en forma de calor, al agua. El calor se expresa en unidades de Kj o Btu. Un Btu es la cantidad de energía necesaria para elevar 1°F la temperatura de 1Lb. de agua. 4.19 Kj es la cantidad de energía necesaria para elevar 1°C la temperatura de 1Kg de agua.

1.4.2 Principios Básicos

Los principios básicos son los siguientes:

- Vapor es un medio eficiente para transferir energía calorífica, ya que tiene un alto contenido de ella.
- El vapor es fácil de distribuir y controlar.
- Proviene del agua, la cual es todavía abundante en el planeta.
- Se tiene un amplio conocimiento del vapor.

1.4.3 Calor Sensible

Calor sensible (H_f) es la cantidad de energía requerida para elevar la temperatura de agua de 0°F a su temperatura actual, el calor sensible eleva la temperatura del agua y puede medirse con un termómetro.

1.4.4 Calor Latente

Calor latente es la cantidad de energía requerida para lograr el cambio de estado físico de una sustancia que sin que exista variación de temperatura.

Al añadir calor latente no se incrementa la temperatura líquido saturado y vapor tienen la misma temperatura a una presión dada.

1.5 Trampas de Vapor

- Termostática (opera por diferencia de temperatura).
- Mecánica (opera por diferencia de densidades).
- Termodinámica (opera por cambios de estado).

1.5.1 Definición

Una trampa de vapor es una válvula automática cuya misión es descargar condensado sin permitir que escape vapor vivo. La eficiencia de cualquier equipo o instalación que utilice vapor está en función directa de la capacidad de drenaje de condensado, por ello es fundamental que la purga de condensados se realice automáticamente y con el diseño correcto.

Asimismo, las trampas de vapor han de tener una buena capacidad de eliminación de aire. Es muy importante que los sistemas de distribución sean siempre drenados de manera eficiente. Siendo las trampas de vapor la llave para optimizar el drenaje del condensado en los sistemas de vapor, éstas deben cumplir con las tres funciones básicas que se mencionan a continuación:

- Eliminación de condensado.
- Eliminación de aire y otros gases no condensables.
- Prevenir las pérdidas de vapor.

1.5.2 Tipos de Trampas

Tomando como base su principio de operación, las trampas de vapor se clasifican en:

- De Fuelle.
- Bimetálica.
- Flotador y Termostato.
- Cubeta invertida.
- Termodinámica de presión equilibrada.

Variables de trampas de vapor

Las variables para realizar el diagnóstico energético en las trampas de vapor son:

- Condiciones térmicas del vapor.
- Temperatura (°C).
- Presión (Kg. /cm²).
- Flujo (ton/h).
- Temperatura del condensado (ton/h).
- Parámetros de la trampa.
- Tipo.
- Localización.
- Diámetro del orificio.

La tabla I muestra que tan costoso puede resultar tener fuga de vapor sin reparar.

Tabla I Pérdidas de vapor

TAMAÑO DEL ORIFICIO	KILOGRAMOS DE VAPOR DESPERDICIADOS AL MES
1/2	379,500
7/16	289,500
3/8	213,600
5/16	147,700
1/4	95,400
3/16	53,200
1/8	23,800

Fuente: www.conae.com.mx

Las pérdidas de vapor indicadas suponen un vapor limpio y seco que fluye hacia la atmósfera de orificio de bordes agudos, y sin condensado presente. La existencia de condensado usualmente resulta en pérdidas menores debido a la creación de vapor flash cuando se tiene una caída de presión del vapor.

1.5.4 Venteo del aire CO₂

Mediante el venteo del CO₂ a la temperatura del vapor se evita la formación del ácido carbónico. Por lo tanto, la trampa de vapor debe de operar a una temperatura igual, o bastante cerca, a la temperatura del vapor, ya que el CO₂, se disuelve en condensado que se ha enfriado a temperatura menor que la de vapor.

1.5.5 Contrapresión

Presurización de las líneas de retorno puede ocurrir por diseño o por un mal funcionamiento. Una trampa de vapor debe ser capaz de funcionar aun cuando exista contrapresión en su tubería de retorno al sistema.

1.5.6 Suciedad en las líneas de vapor

Suciedad y basura siempre serán algo que se encuentran en las trampas debido a que se instalan en los niveles bajos del sistema de vapor. El condensado recoge la suciedad y el sarro en las tuberías, y también partículas sólidas pueden ser también partículas sólidas pueden ser acarreadas desde la caldera. Aun las partículas que se cuelan por los filtros son erosivas y por lo tanto, la trampa de vapor debe ser capaz de funcionar ante la presencia de suciedad.

2. SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR

En la planta de fabricación de telares ubicada en Santa Catarina Pínula aldea el Pajón, se encontró un sistema de vapor descuidado por no contar con un programa de mantenimiento, los únicos equipos que cuentan con un programa de mantenimiento son las calderas. También se cuenta con un programa de tratamiento químico para el cuidado de las calderas. Con lo que respecta al resto del equipo necesario para la generación de vapor como los son: trampas de vapor, tuberías, accesorios, filtros, reguladores de presión de vapor, manómetros, material aislante (fibra de vidrio), entre otros.

2.1 Generación de vapor

Para la generación de vapor la empresa cuenta con dos calderas de marca Cleaver Brooks una de 800Hp y la otra de 400Hp en el siguiente inciso se mencionarán los datos técnicos más importantes de cada una de las calderas.

El trabajo de las calderas es rotativo todo va dependiendo de los mantenimientos de cada caldera, los encargados de las calderas tratan de compartir el trabajo en 50% a cada caldera durante un mes, y así sucesivamente. El manifold principal consta de 3 tuberías, la más grande tiene un diámetro de 6 pulgadas ($\phi= 6''$), y un aislamiento térmico de 4 pulgadas ($\phi= 4''$), cuyo tramo esta completo esta tubería distribuye transporta el vapor a toda el área de Tintorería, también tiene una tubería de 4 pulgadas ($\phi= 4''$), y un aislamiento térmico de 2 pulgadas ($\phi= 2''$), cuyo tramo esta completo, esta tubería distribuye transporta el vapor a toda el área de Acabados, y por ultimo una tubería de 2 pulgadas ($\phi= 2''$), y un aislamiento térmico de 1 pulgada ($\phi= 1''$), en esta línea hace falta el material aislante, en casi el 50% de su totalidad, la tubería tiene un largo desde el manifold hasta los tanques de bunker de 35metros. Con respecto al material aislante faltante en la tubería se realizara un análisis más profundo en el capítulo 3.2.

2.1.1 Caldera Pirotubular CB-800

CALDERA CB 800

- Modelo: CB 400 800 150
- Número de serie: 0 I 097361
- Presión Máxima: 150 Psi
- Fecha: 1,999
- Voltios: 460
- PH: 3
- Hz. : 60
- Amperios: 87

2.1.2 Caldera Piro tubular CB-400

CALDERA CB 400

- Modelo: CB 600- 400.
- Número de serie: I 89807.
- Presión Máxima: 150 Psi.
- Fecha: 1,999.
- Voltios: 460.
- PH: 3.
- Hz.: 60.
- Amperios: 39.
- HP del compresor de aire: 7.5.

2.1.3 Instrumentos de control

El término control se refiere a las válvulas y componentes más importantes inclusive aunque no restringido a los controles eléctricos o los que el control de la programación gobierna.

Los controles que realmente se suministran con una determinada caldera dependen del combustible o combustibles para que esta equipada así como del sistema para cual este diseñada, vapor o agua caliente.

2.1.3.1 Quemador

El quemador de gas de las calderas Cleaver Brooks es del tipo de baja presión, de atomización de aire (inyector) y es encendido por la llama de un piloto de gas es del tipo de entrada anular de alta radiación y es encendido por la llama de un piloto de gas.

El piloto es del tipo interrumpido y es encendido por una chispa eléctrica, precisamente antes que empiece a operar al quemador de gas. Se apaga después que se ha establecido la llama principal. El quemador opera con una modulación completa (dentro de sus asignaciones de operación) por medio de controles de posición de tipo potenciómetro, y el quemador vuelve a la posición de fogeo mínimo para el encendido. La seguridad de la llama y el control de programación incluyen un descubridor de llama de tipo infrarrojo para vigilar la llama de aceite y de gas y para la caldera por completo en caso de falla de la llama. La parte de la programación del control proporciona de un periodo antes de la purga comprobando el piloto y la llama principal, y un periodo continuo de operación de ventilador para purgar la caldera de todo vapor de combustible no quemado. Otros controles de seguridad cierran el quemador cuando se presenta bajo nivel de agua, excesiva presión de vapor o temperatura muy alta de agua.

Controles de seguridad entrelazados incluyen interruptores de prueba de aire para combustión y para atomización y además, según el combustible y las demandas del asegurador controles que comprueban la presión adecuada de combustible y controles de temperatura cuando se usa aceite combustible calentado.

La secuencia de la operación del quemador desde el principio hasta la parada esta gobernada por el control de la programación en conjunción con los dispositivos de operación límites y ligas entrelazadas los cuales están fijados por el circuito eléctrico para proveer la operación segura y evitar técnicas incorrectas de operación límite y ligas entrelazadas los cuales están fijados por el circuito eléctrico para proveer la operación segura y evitar técnicas incorrectas de operación.

Todas las calderas tipo “CB” tienen el conjunto del quemador montado en la tapadera delantera de la caldera. Toda la tapa puede abrirse para inspección y mantenimiento. El aire para la combustión es suministrado por un soplador centrífugo montado en la tapa delantera. La descarga del aire para combustión al quemador esta regida por medio del motor del registro rotatorio. Este mismo motor regula el flujo de gas combustible por un sistema articulado conectado a la válvula de mariposa de gas y dispone también el flujo de aceite por una válvula medidora operada por una leva. Se proporcionan pues el combustible y el aire el uno con el otro para la más eficiente combustión posible.

El aire primario filtrado para atomizar el aceite combustible es suministrado independientemente del aire para combustión por una bomba de aire. El circuito del quemador opera con una corriente alterna monofásica de 115 voltios, 60 ciclos. El motor del ventilador sin caja generalmente opera con servicio de tres fases de voltaje de la línea de corriente principal. Las luces indicadoras que indican condiciones de demanda de carga, válvulas de combustibles, bajo nivel de agua y falla de llama son equipo estándar.

2.1.4 Controles de la Caldera

Motor del ventilador (impulsor) figura 1 mueve el ventilador sin caja directamente para abastecer el aire para combustión, también designado como soplador.

Arranque del motor del ventilador figura 2 da energía al motor del impulsor.

Transformador para la ignición figura 1: provee una chispa de alto voltaje para la ignición del piloto de gas o piloto de aceite liviano.

Motor modulador del registro figura 1 mueve el registro rotatorio del aire y modula las válvulas del combustible por medio de levas y un sistema articulado para asegurar la proporción correcta de aire-aceite bajo toda condición de carga.

Interruptor de bajo fogueo por medio de una extensión actúa sobre el eje principal del motor modulador del registro. Este interruptor tiene que estar cerrado para que se encienda el quemador en posición de bajo fogueo. Este dispositivo evita la ignición del quemador a menos que el motor modulador haya vuelto a colocar el registro rotatorio del también a la posición de bajo fogueo. Este interruptor es una parte integral del motor.

Interruptor del quemador figura 2 manualmente empieza y para la operación del quemador por medio de una conexión directa. Placas de identificación muestra el modelo de la caldera y su número de serie. Siempre se debe incluir los números de modelo y serie en todo pedido de información o repuestos.

Interruptor manual-automático figura 2 en la posición “automática”, toda operación queda bajo el control modulador según la demanda de carga. En la posición “manual” el motor modulador, por medio del control manual de la llama, puede ser ajustado para la asignación apropiada del fogeo. Básicamente, este es un control de prueba y ajuste que se usa para establecer la proporción de aire-combustión a través de todo campo de asignaciones de fogeo.

Control manual de la llama figura 2 un potenciómetro accionado manualmente que permite establecer la asignación del fogeo del quemador por medio del motor modulador con tal que el interruptor manual- automático quede tal que el interruptor manual –automático quede en la posición “manual”. Se usa principalmente para establecer la asignación de la entrada de combustible por todo el campo de asignaciones de fogeo en el principio o en ajustes subsiguientes. No tiene ningún control sobre la rapidez del consumo de combustible cuando el interruptor manual-automático esta en la posición “automática.

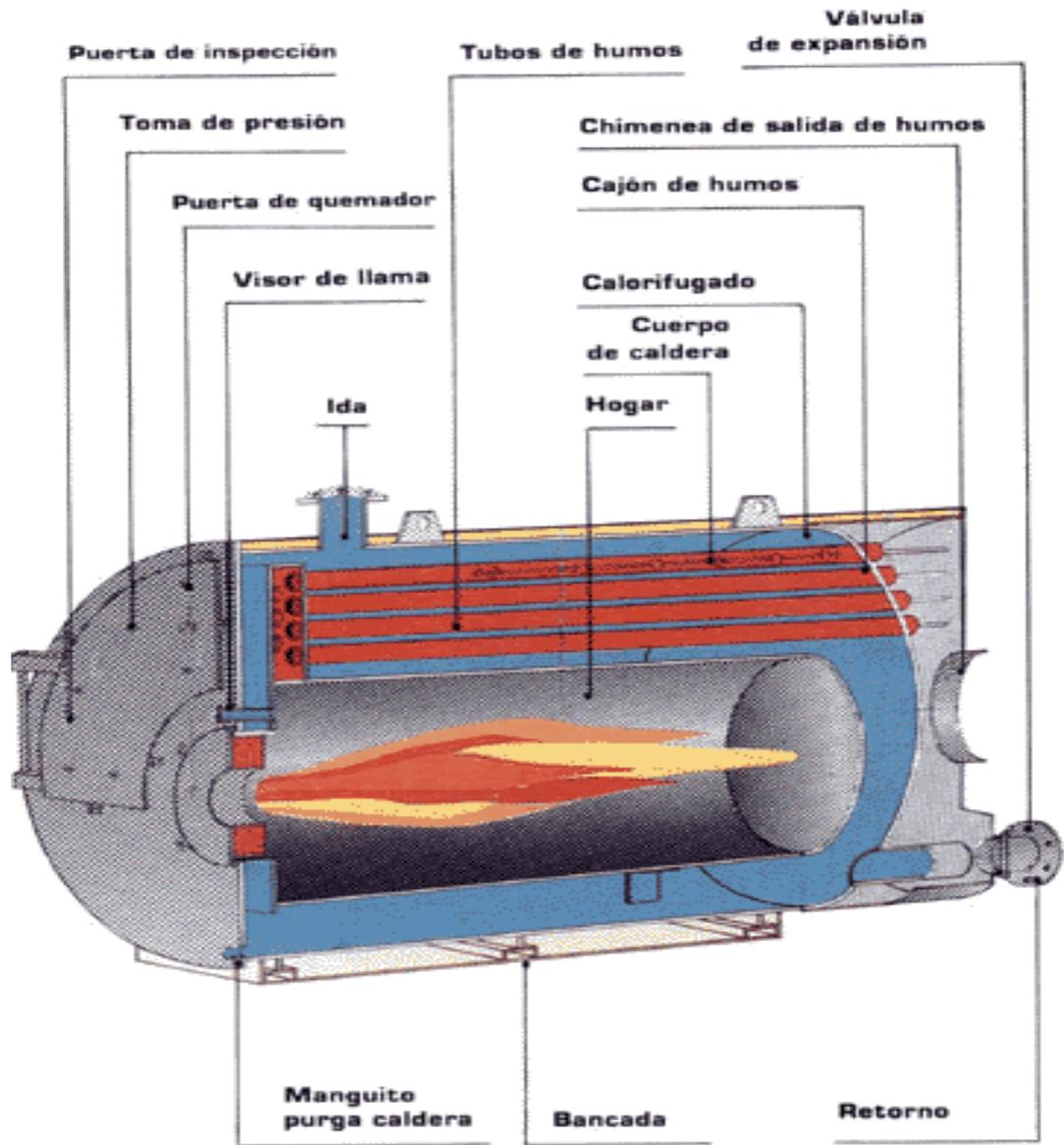
Transformador del motor modulador del registro figura 2 reduce el voltaje del circuito del control (115VAC) al voltaje apropiado (24VAC) para la operación del motor modulador.

Luces indicadoras figura 2 dan información visual sobre la operación de la caldera así:

- Falla de la llama
- Demanda de carga
- Válvula de combustible
- Bajo nivel de agua

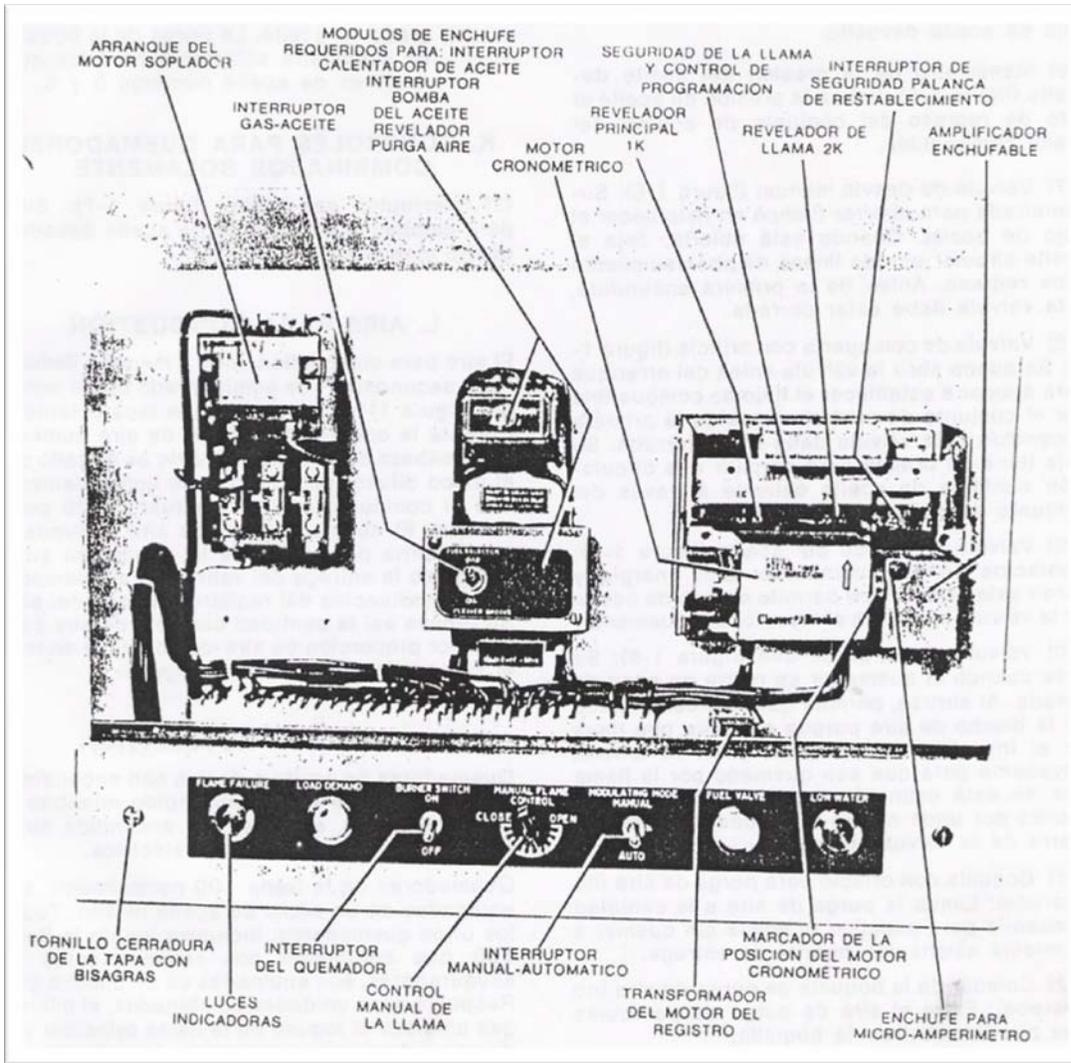
Control de programación y seguridad de la llama: En coordinación con los dispositivos de operación, límite y entre conexión este diagrama automáticamente cada período de arranque, operación y parada. Incluye en secuencia calculada y cronometrada la operación del motor soplador, el sistema de ignición las válvulas del combustible y motor modulada del registro. La misma secuencia abarca periodos de purga antes de la ignición al cerrarse el quemador.

Figura 1 Caldera Básica de Vapor



Fuente: kinal (Operación de calderas)

Figura 2 Tablero de control básico



Fuente: kinal (operación de calderas)

2.1.5 Controles de vapor

Manómetro de la presión del vapor figura 1 indica la presión interna de la caldera.

Control del límite de presión para operación figura 1 rompe el circuito para parar la operación del quemador cuando la presión de la caldera sube sobre el valor de presión seleccionado. Se ajusta para poner el quemador en marcha o pararlo en el valor de presión determinado.

Control del alto límite de presión figura 1 rompe un circuito para parar la operación del quemador cuando la presión de la caldera sube sobre el valor de presión seleccionado. Se ajusta para parar el quemador cuando alcanza una presión sobre la que ha sido escogida para operación normal. El control puede ser equipado con un restablecimiento manual.

Control modulador de la presión figura 1 descubre cambios en la presión de la caldera y transfiere esta información al motor modulador para adaptar la asignación del fogeo quemador cuando el interruptor manual-automático esta en la posición “automática”.

Cierre de bajo nivel del agua y Control de la bomba figura 1 este control opera por medio de un flotador y responde al nivel del agua en la caldera como se ve en la mira de vidrio indicadora. A este doble control pertenecen dos funciones distintas:

Detiene el fogueo del quemador si baja el nivel de agua bajo el punto de seguridad para operación y da energía a la luz indicadora de bajo nivel de agua en el tablero de controles.

Este control empieza y detiene la bomba del abastecimiento de agua para mantener el agua a su apropiado nivel para la operación.

Cierre de bajo nivel del agua auxiliar: Opera por medio de un flotador y rompe el circuito para detener la operación del quemador en caso de que el agua en la caldera bajo el punto del cierre de bajo nivel de agua principal. El tipo de restablecimiento manual requiere que el operador lo restablezca manualmente para poner el quemador en marcha después de un cierre debido al bajo nivel del agua.

2.1.6 Controles de Agua Caliente

Medidor de la temperatura del agua figura 3 indica las condiciones de temperatura de la caldera.

Medidor de la presión de agua figura 3 indica la presión interna del agua en la caldera.

Control de límite de temperatura para operación figura 3 si la temperatura del agua sobrepasa el valor seleccionado, este control rompe un circuito para interrumpir la operación del quemador, es ajustado para formar o romper este circuito a una determinada temperatura seleccionada.

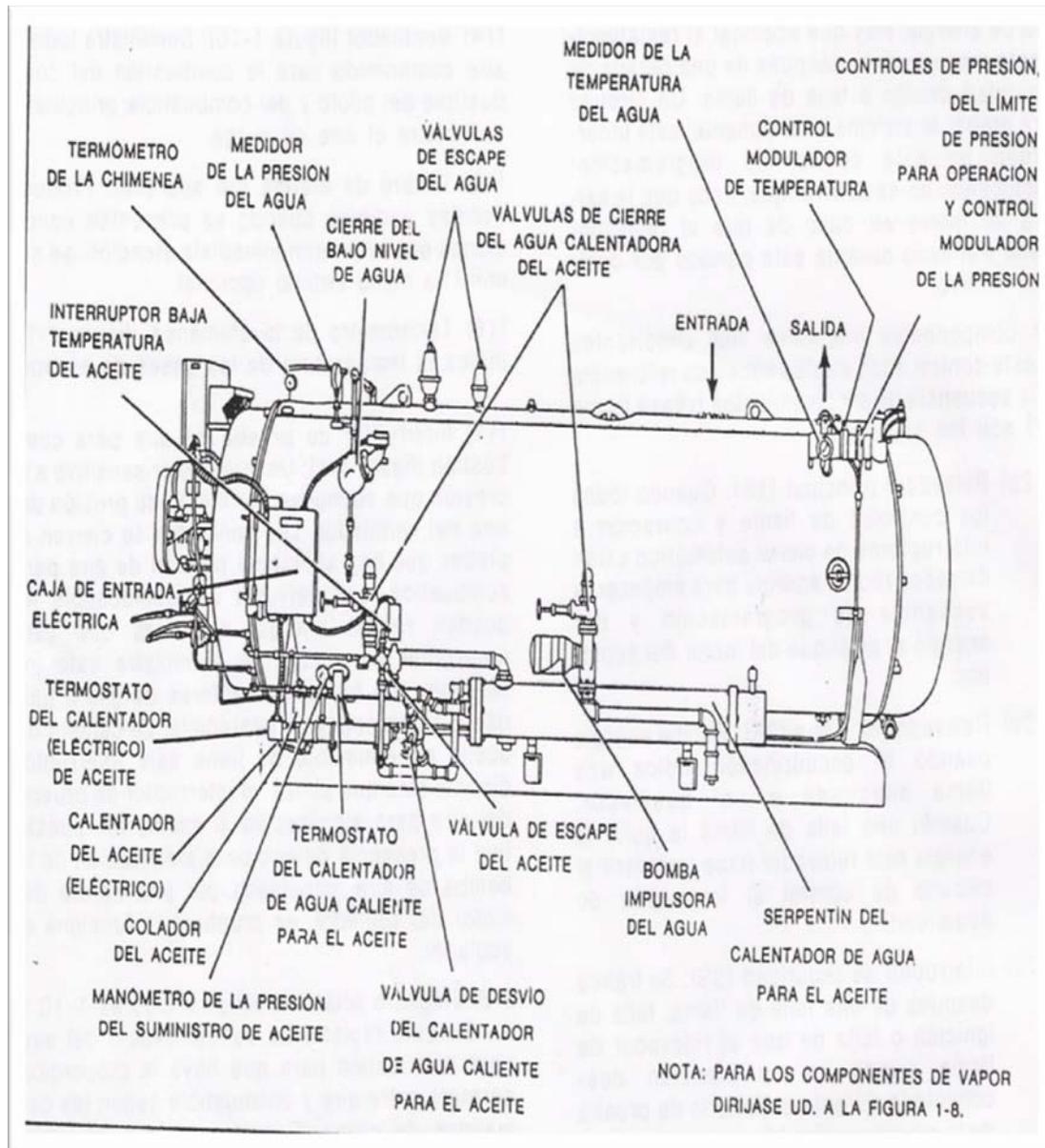
Control de alto límite de temperatura para operación figura 3 si la temperatura del agua sobrepasa el valor seleccionado, este control rompe u circuito para interrumpir la operación del quemador. Es ajustado para formar o romper este circuito a una determinada temperatura seleccionada sobre la del control de límite principal. A veces es equipado con un restablecimiento manual.

Control modulador de temperatura figura 3 Descubre cambios de temperatura de la caldera transfiere esta información al motor modulador para adaptar la asignación del fogeo del quemador cuando el interruptor manual-automático esta en la posición “automática”.

Cierre de bajo nivel de agua figura 3 rompe el circuito para hacer parar el quemador sí el nivel de agua en la caldera baja del punto de seguridad para operación asignada en el cierre principal.

Válvulas de escape figura 3. Estas válvulas de escape del agua relevan a la caldera de la presión que sobrepasa la que se especifica en el diseño o una presión algo mas baja. Las válvulas de escape y sus tuberías de desagüe deben de ser instaladas conforme con el código de la ASME.

Figura 3 Caldera básica de Agua Caliente



Fuente: kinal (operación de calderas)

2.1.7 Controles de gas

Válvula del piloto de gas figura 4 una válvula solenoide que se abre, al recibir energía, durante el periodo de ignición para dejar pasar el combustible al piloto. Se cierra después de que se establece la llama principal. La secuencia de recibir y quedar sin energía se determina por el cronometro de control de la programación.

Válvula de gas principal figura 4 la lámina de mariposa de la válvula regulada por un sistema articulado actuado por la leva moduladora del gas para controlar la admisión del flujo de gas al quemador.

Leva moduladora de gas; figura 4 conjunto que consiste en un sector oscilante, una serie de tornillos de ajuste y un resorte de perfil que permiten al operador ajustar la entrada de gas en toda asignación del campo de modulación

Llave de cierre del piloto de gas figura 4 para abrir y cerrar manualmente el abastecimiento de gas principal después del regulador en la línea principal de gas.

Mezclador del piloto de gas; figura 4 mejora el movimiento de gas hacia el piloto.

Manómetro de la presión del piloto de gas; figura 4; indica la presión de gas hacia el piloto.

2.1.8 Controles de Aceite

Bomba de aceite combustible; lleva el aceite combustible del tanque de almacenamiento y lo suministra comprimido al sistema del quemador.

Bomba de aire suministra el aire para atomizar el aceite de combustible.

Filtro de aire suministra el aire para atomizar el aceite combustible.

Filtro del aire Un colador del tipo de baño de aceite para limpiar el flujo de aire antes de que entre la bomba de aire.

Válvula de retención Evita que el aire comprimido y el aceite lubricante vuelvan por la bomba y el filtro de aire cuando para la bomba.

Tanque receptor de aire-aceite figura 1 contiene el abastecimiento de aceite lubricante de la bomba de aire, y separa el aceite lubricante del aire para atomización antes de que llegue el inyector.

Manómetro de la presión del aire para atomización figura 1; indica la presión del aire para atomización en el tirador del quemador.

Mira de vidrio del nivel de aceite lubricante figura 1, Indica el nivel de aceite lubricante en el tanque receptor de aire-aceite.

Aletas de enfriamiento de aceite lubricante: Para reducir la temperatura del aceite lubricante antes de que llegue a la bomba de aire: El aire suministrado para combustión fluye sobre las tuberías afectadas para enfriar el aceite. La colocación de las aletas depende en el tamaño de la caldera y se encuentra en tapas delanteras o en el conducto de admisión de aire.

Colocado de aceite lubricante filtra el aceite lubricante antes de que llegue a la bomba de aire.

Válvula de control de la admisión de aire controla el volumen de admisión de aire para regular la presión de aire de atomización en el inyector del quemador.

Interruptor de prueba de aire para atomizar figura 1; interruptor operado por aire cuyos contactos están cerrados cuando hay suficiente presión de aire para atomización adecuada del aceite de combustible. Las válvulas para el aceite no se abren o no permanecen abiertas a menos que los contactos del interruptor estén cerrados.

En la caldera de aceite solamente, se utiliza este interruptor en realidad para probar la presencia de aire para combustión puesto que la presencia de aire para atomización de la bomba de aire, impulsada por una faja del motor del soplador, es prueba que funciona el soplador.

Impulsor de baja presión de aceite; se abren los contactos del interruptor cuando la presión del aceite combustible cae debajo de la presión determinada. Este interruptor rompe el circuito a menos que haya suficiente presión del aceite del aceite combustible para adecuada combustión.

2.1.9 Aire Para Combustión

El aire para combustión, muy a menudo llamado AIRE SECUNDARIO, es suministrado por el soplador figura 4, montado en la tapa delantera. Durante la operación, presión de aire aumenta en la cabeza de la caldera y este es forzado por el disco difusor para mezclarse completamente con el combustible para efectuar buena combustión.

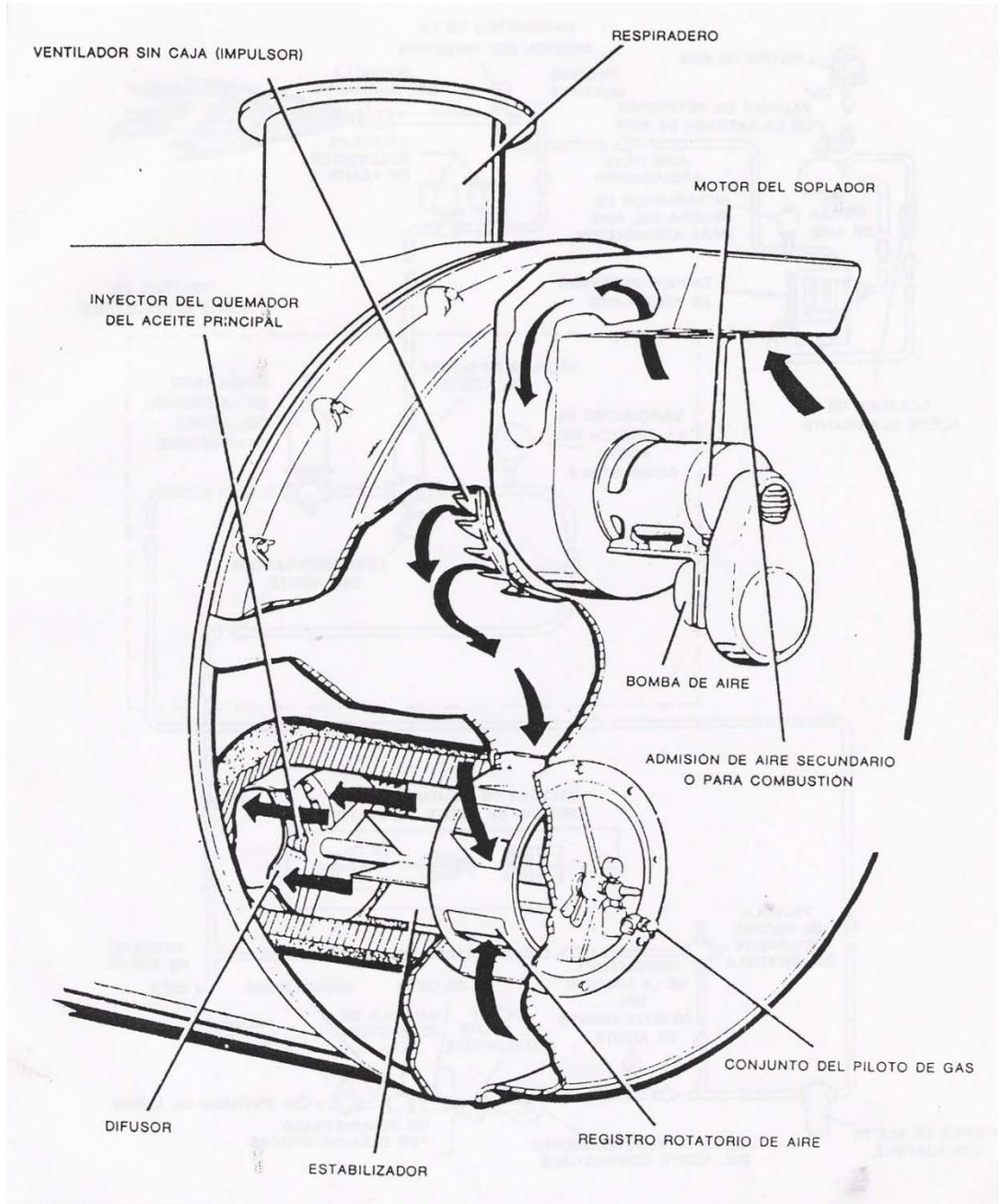
El abastecimiento de aire para secundario se gobierna por medio de la regulación automática de la entrega del ventilador al quemador por modulación del registro rotatorio de aire.

Se provee así la cantidad correcta de aire para la mejor proporción de aire-combustible en todo el campo de asignación de fogeo.

Ignición Automática

Quemadores de gas son encendidos por un piloto de tipo interrumpido mientras la llama del piloto, a su vez, es encendida. Automáticamente por una chispa eléctrica. Al principio de la secuencia para ignición y bajo la regulación del control de programación, la válvula solenoide del piloto y el transformador para la ignición reciben energía simultáneamente. Este transformador para ignición suministra la corriente de alto voltaje para la chispa de ignición. Los pilotos de gas tienen un solo electrodo sencillo y una chispa eléctrica forma de un arco entre la punta del electrodo y la superficie del tubo que lo guarda. Una vez encendida y establecida la llama principal la válvula solenoide del piloto y el transformador no recibe más energía. El piloto de gas se abastece ya sea de la línea de servicio público o sea del tanque de abastecimiento.

Figura 4 Diagrama del flujo del aire



Fuente: kinal (operación de calderas)

2.2 Eficiencia de las calderas

En el mundo de hoy, a medida que el costo de combustible aumenta progresivamente mientras que el abastecimiento disminuye, la conservación de energía es una necesidad. Para que la industria conserve energía sin disminuir la producción, debe encontrar formas de usar la energía con mayor eficiencia

Se estima que más de 50% de la energía consumida por la industria se emplea para generar vapor en calderas de inyección directa. Aumentando la eficiencia de estas calderas tendría un impacto significativo en la conservación de la energía. Antes que discutamos métodos específicos de aumentar la eficiencia, consideramos los principios básicos de la combustión y de la calderas.

Básicamente la combustión es el acto o proceso de quemar, en términos químicos, esto se refiere a la oxidación rápida de una sustancia (combustible) acompañada por calor y usualmente luz. En términos prácticos es una combinación rápida de oxígeno con un combustible resultando en la liberación de calor. Los combustibles más comunes, tales como aceite combustible, gas y carbón consisten en carbono e hidrógeno con algunas pequeñas cantidades de azufre, que existen en algunos combustibles. Trazas de otros elementos se encuentran también presentes. Para fines prácticos, la combustión involucra la oxidación de tres elementos: carbono, hidrógeno y azufre. Primordialmente tres reacciones químicas tienen lugar:

carbono (C) + oxígeno (O) --- dióxido de carbono (CO₂) + calor

hidrogeno (H) + oxígeno (O) --- vapor de agua (H₂O) + calor

azufre (S) + oxígeno (O) ---- dióxido de azufre (SO₂) + calor

2.2.1 Parámetros de la eficiencia

Tipos de combustión

La combustión obtenida por la reacción de proporciones exactas de combustible y oxígeno para obtener una completa conversión a dióxido de carbono, vapor de agua y dióxido de azufre (si se encuentra presente el azufre) es denominado una combustión perfecta o combustión estequiometría.

Si hay presente una mayor cantidad de oxígeno que la requerida para una combustión perfecta, el oxígeno en exceso de la cantidad necesaria, no se usará. Si hay menor cantidad de oxígeno que la requerida para una combustión perfecta, la reacción es denominada como sub-estequiométrica, o combustión incompleta. Durante la combustión sub-estequiométrica, pueden formarse otros productos además del dióxido de carbono, agua y óxido de azufre. Estos otros productos, pueden ser monóxidos de carbono (CO), gas de hidrógeno (H₂), compuestos de hidrocarburos (C_xH_y) sulfuro de hidrógeno (H₂S) y carbono. Estos componentes son contaminantes comunes y escapan a la atmósfera en los gases de combustión.

Aire

El oxígeno para la combustión normalmente proviene del aire donde se encuentra en una proporción de un 21% de volumen total. La mayor parte del 79% remanente es nitrógeno. El nitrógeno es de menor importancia en la producción de calor puesto que solo un porcentaje muy pequeño forma parte de las reacciones químicas de la combustión. Sin embargo, tiene un efecto significativo en la eficiencia de la caldera ya que parte del calor liberado por la reacción de la combustión tiene que ser utilizado para calentar el nitrógeno a la misma temperatura de llama mas baja que si usara oxigeno puro.

Se denomina aire teórico a la cantidad de aire necesaria para una combustión perfecta. Cualquier cantidad de aire que exceda el aire teórico se le conoce como exceso de aire. La cantidad de aire disponible en una combustión incompleta se le expresa como un porcentaje del aire teórico.

El aire mezclado con el combustible en el quemador, se denomina aire primario. El aire de la atmósfera que se difunde en la llama se le conoce como aire secundario

Calor

La cantidad de calor obtenida al quemar un combustible depende de la composición del mismo. En la tabla II se indican las composiciones aproximadas y valores térmicos de algunos combustibles comerciales más comunes. En la mayoría de los casos se proporcionan tanto los valores térmicos brutos como netos. Las diferencias entre estos se relacionan al calor de vaporización del agua

Tabla II Análisis comparativo de los combustibles

Cuadro 1
ANALISIS COMPARATIVO DE COMBUSTIBLES TIPICOS

Combustible	Análisis, % por peso				Valor calorífico Kj/Kg*/Btu/lb	
	C	H	S	Ceniza	Bruto	Neto
Gas natural	75	25	—	—	55 570(23 850)	50 076(21 492)
Propano	82	18	—	—	50 244(21 564)	46 260(19 854)
Butano	83	17	—	—	49 489(21 240)	45 715(19 620)
Nafta	85	15	0.03	—	48 231(20 700)	44 624(19 152)
Kerosina	86	13.7	0.07	—	46 134(19 800)	43 240(18 558)
Aceite de calefacción	86	13.2	0.3	—	45 631(19 584)	42 821(18 378)
Fuel Oil No. 4	87	12.5	0.7	0.02	44 792(19 224)	42 150(18 090)
Fuel Oil No. 6	87	12.0	1.0	0.03	44 498(19 098)	41 898(17 982)
Fuel Oil No. 6	86	11.5	2.5	0.08	43 450(18 640)	41 437(17 784)
Carbón, Bituminoso	80	5.5	1.5	5.0	32 839(14 094)	31 665(13 590)
Carbón Coque	85	0.5	1.0	12.0	29 358(12 600)	29 148(12 510)
Carbón Vegetal	—	—	—	—	33 552(14 400)	**
Madera	—	—	—	—	20 131(8 640)	**
Bagazo	—	—	—	—	6 291(2 700)	**

Referencia kinal (como manejar la eficiencia de una caldera)

Ignición

Usualmente la ignición se efectúa agregando calor de una fuente externa a la mezcla, hasta que el calor de una fuente externa a la mezcla, hasta que el calor de las reacciones de la combustión sea mayor que la pérdida de calor al ambiente. La menor temperatura a que esto es posible se denomina la temperatura de ignición de la mezcla de combustible/aire.

Temperatura de llama

La temperatura de llama es la temperatura más alta producida en la combustión. Teóricamente, la mas alta temperatura de llama ocurre cuando aire y combustible son mezclados en proporciones estequiometricas exactas. Cualquier exceso de aire o combustible, únicamente servirá para absorber calor de la reacción de combustión.

El calor liberado de la reacciones de combustión:

- Calienta Los productos de combustión.
- Calienta el combustible y aire alimentados.
- Proporciona calor para romper ligaduras químicas.
- Irradia a sus alrededores.

La temperatura de llama es máxima cuando la pérdida de calor al ambiente es mínima. Las temperaturas reales de llama son siempre menores que las temperaturas teóricas de llama. Los combustibles más comunes producirán temperaturas de llama en el rango de 1850 a 2100°C (3360 a 2800°F).

Regulación de la combustión

La combustión puede ser controlada dosificando la cantidad de aire o combustible disponible para ser quemados. El control del aire se efectúa de dos maneras. Estas son:

- Regulando la proporción en que el aire es alimentado.
- El control del combustible puede ser efectuado de las siguientes maneras:
 1. Regulando la cantidad del combustible alimentado.
 2. Regulando el tamaño de las partículas de combustibles obtenidas en la atomización de los combustibles líquidos y en la trituración de combustibles sólidos.

La caldera es simplemente un aparato que captura el calor producido por el proceso de combustión convirtiéndolo en vapor.

Existen dos tipos de vapor: vapor saturado y vapor sobrecalentado. El vapor saturado es vapor a su temperatura de saturación, que es el punto de ebullición a la presión del sistema. El vapor sobrecalentado es vapor calentado arriba de la temperatura de saturación.

Cuando el vapor se genera en un recipiente cerrado se produce un incremento en presión debido al aumento en volumen que sigue a la fase de cambio de un líquido a gas. A medida que se añade calor adicional, la temperatura de ambos, agua y e vapor generado, también aumenta.

En calderas, la presión es normalmente mantenida al valor deseado, mediante la regulación del nivel de agua con el espacio para vapor por encima de este nivel controlando la generación de vapor por encima de este nivel y controlando la generación de vapor a manera de balancear el flujo de vapor suministrado. Por la caldera.

2.3 Tratamiento del agua en las calderas

Existen dos formas comunes de dar solución a los problemas presentados en sistemas de generación de vapor y de allí que es necesario reconocer que el generar vapor no implica únicamente la caldera sino una serie de equipos y procesos que tienden a llegar al deposito final de generar vapor al mejor costo y eficiencia posible.

Las formas comunes son:

- Tratamiento Externo.
- Tratamiento Interno.

2.3.1 Tratamiento externo

Es el que se basa en acondicionar el agua antes de que esa entre a la caldera y darle características deseables eliminando las indeseables por medios físicos o químicos dentro de los que se destacan los siguientes:

- Decantación.
- Floculación.
- Filtración.
- Suavización o desmineralización.

2.3.2 Precipitación

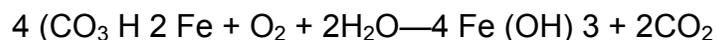
Las impurezas se encuentran en el agua como materia en suspensión, como material coloidal. O como materia en solución. Mientras que la materia en suspensión siempre se separa por medio mecánico, con intervención o no de la gravedad.

La materia coloidal requiere un tratamiento fisicoquímico preliminar y la materia en solución puede tratarse en el propio estado molecular o iónico o precipitarse mediante agentes químicos y separarse utilizando los mismos procesos empleados para separar los sólidos inicialmente en suspensión.

2.3.3 Eliminación del hierro

Los iones ferroso y manganeso, en su forma reducida de valencia, son solubles en el agua se encuentran como tales en algunos suministros de agua subterránea. Si no se eliminan previamente, pueden ser problemáticos para ciertos procesos industriales, por su potencial capacidad de manchar y dejar residuos de óxidos, al oxidarse las aguas. Su eliminación previa implica precisamente una oxidación forzada para precipitados como hidróxido férrico o dióxido de manganeso insoluble. Como agentes oxidantes se pueden utilizar el oxígeno del aire, cloro o permanganato potásico.

Para oxidar con aire solamente se requiere un burbujeo mediante la inyección de aire comprimido que al mismo tiempo agita el agua, aunque también se pueden emplear asadores de bandejas. A continuación deberá disponerse de un decantador para eliminar el precipitado, o directamente un filtro si el contenido en hierro es muy pequeño. La adición de aire también ayuda a disminuir el contenido en bicarbonatos presentes en el agua por la reacción de oxidación:



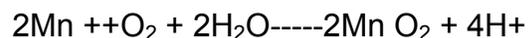
Con el efecto favorable de aumentar simultáneamente el pH por desgasificación del CO_2 .

En el caso del hierro el oxígeno es el medio más efectivo pero la reacción es lenta si se realiza a pH bajo debido al bajo potencial de oxidación del aire. Por tanto, si los ensayos demuestran que el pH es ácido aun después de la reacción, conviene añadir un neutralizante tal como la cal. a pH 7, después de 15 minutos de aireación, el contenido es de 10ppm se reduce aproximadamente a 0.1ppm.

El cloro, aunque oxida el hierro más rápidamente a pH bajo, tiene el inconveniente del mayor costo operativo. El cloro puede ser utilizado si se trata de un suministro de agua potable. La cloración puede hacerse en la línea de alimentación del filtro debido a que 3 a 4 minutos es tiempo suficiente para la oxidación y precipitación del Fe (OH)₃.

Además debe dejarse una cantidad residual para el suministro de agua potable. El permanganato, aparte del inconveniente económico, debe regularse muy bien ya que un ligero exceso colorea inmediatamente el agua.

Los mismos métodos de oxidación del hierro sirven para precipitar el manganeso, aunque este requiere un pH más elevado. Con el oxígeno reacciona según:



El aire tiene obvias ventajas cuando las cantidades de hierro y manganeso son importantes. Si las partículas de hierro precipitadas son muy pequeñas, se mejora la separación posterior con una pequeña cantidad de floculante, tal como la alúmina.

Algunas veces el hierro y el manganeso pueden estar formando complejos orgánicos que no se precipitan por simple oxidación. Hay que acudir entonces a un proceso de coagulación.

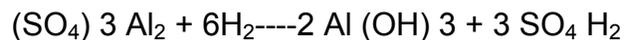
2.3.4 Coagulación

La turbidez y el color son dos características indeseables en las aguas. Ambas suelen estar causados por particular coloidales. Mientras las partículas en el orden de magnitud de una micra, se pueden considerar en suspensión, y las de una milésima de micra entran en el dominio de moléculas en solución, los tamaños intermedios corresponden al tamaño coloidal.

En estos tamaños de partícula las propiedades superficiales y las cargas eléctricas, tienen efectos más importantes que el peso relativo de la partícula en el agua e impiden su sedimentación.

Las partículas coloidales presentan cargas superficiales electrostáticas, que hace que existan fuerzas de repulsión entre ellas y les impida aglomerarse para sedimentar. Estas cargas son, en general, negativas, aunque los hidróxidos precipitados con cal las suelen tener positivas.

La coagulación consiste en la neutralización de las cargas superficiales mediante adición de electrolitos. La precipitación de un coloide se provoca mediante la adición de un electrolito de carga opuesta a la de las partículas coloidales, y además el efecto aumenta marcadamente con el número de cargas que lleva el electrolito. Para los coloides con cargas positivas, la misma relación aproximada existe el Ion cloruro, Cl⁻, monovalente, el sulfato, SO₄⁺, bivalente y el fosfato, PO₃⁻, trivalente. Cuando, por ejemplo, se añade Al⁺³ con coagulante en forma de sulfato, parte de los iones trivalentes se dirigen a la neutralización de las cargas negativas del coloide, mientras que, simultáneamente, la mayor parte reacciona con el agua formando hidróxido insoluble, según la reacción



Por un mecanismo independiente, el hidróxido insoluble formado atrapa los coloides neutralizados y facilita la decantación.

El ácido formado en la reacción anterior reacciona con la alcalinidad bicarbonatada, que normalmente escasa presente, sin llegar a requerir una neutralización con cal. Sin embargo, esta necesidad no se puede excluir si la alcalinidad natural es baja.

Las partículas formadas por la coagulación pueden ser aun pequeñas y de baja densidad.

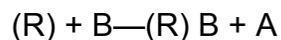
El tamaño de las partículas se puede aumentar con la adición de poli electrolitos, polímeros de moléculas de alto peso molecular y soluble en agua, que por disociación electrolítica en el agua, dan formas iónicas múltiples, capaces de actuar de puentes de unión entre las partículas coaguladas.

2.3.5 Intercambió iónico

Las resinas de intercambio iónico tiene la capacidad, en contacto con una solución acuosa, de eliminar selectivamente los iones disueltos, mantenerlos temporalmente unidos en combinación química, y cederlos de nuevo frente a una solución fuerte de regenerarte.

Las resinas se comportan como un electrolito cualquiera, con la particularidad que todos los grupos reactivos están unidos a un polímero insoluble que forma la matriz de la resina,

La acción de intercambio iónico es una reacción reversible. Si designamos a la resina (R) podemos escribir



Y aplicando la ley de acción de masas se obtiene un coeficiente de selectividad (equivalente a la constante de equilibrio)

$$\frac{K_r + (A) - (R) (B)}{(r) (A)- (B)}$$

Que no es exactamente una constante sino que depende de las condiciones experimentales,

Aunque la resina tome con preferencia unos iones. A frente a otros iones B, al tratarse de una reacción reversible podemos invertir esta tendencia, aumentando la concentración de B muy por encima de la de A. Este fundamento de la regeneración de resinas.

En resumen, las propiedades que se rigen el proceso de intercambio iónico y determinan sus características principales son las siguientes

- Las resinas actúan selectivamente, de forma que puedan preferir un ion sobre otro con factores relativos de afinidad de 15 o mas.
- La reacción de intercambio iónico es reversible, es decir puede avanzar en los dos sentidos.
- En la reacción se mantiene la electro neutralidad. Un ion simple se intercambiara por otro simple.

Las reacciones de intercambio iónico son frecuentes en el recorrido subterráneo de las aguas naturales con poder de intercambio, pero en las industrias se prefirieren las resinas poliméricas de fabricación sintética, con claras ventajas de uso en los procesos de ablandamiento y desmineralización del agua, y en otros procesos de ablandamiento y desmineralización tales comilla como las de ciertos productos químicos, la desmineralización de jarabes de azucares, etc.

Las ventajas del proceso iónico en el tratamiento de aguas son las siguientes:

- Se adapta a las necesidades de las aguas en que las concentraciones de las impurezas iónicas son relativamente bajas.
- Las resinas son estables químicamente, de larga duración y fácil regeneración.
- Las instalaciones pueden ser automáticas o manuales para adaptarse a las condiciones específicas.
- La capacidad teórica de intercambio de una resina es la cantidad de grupos orgánicos por unidad de peso o de volumen.
- Dado que las resinas se hinchan y contraen según la forma iónica, la referencia al peso es mucho más constante, pero se suele usar la capacidad volumétrica de la forma completamente hinchada, expresada en meq/litro.
- La capacidad aparente es un valor práctico que indica cuantos iones de la solución pueden ser captados realmente bajo las condiciones específicas de operación. La capacidad aparente de una resina catiónica para el Na^+ por ejemplo, depende del pH de la solución, de la concentración de Na^+ , en la solución y del nivel de regeneración o volumen de regenerante empleado. Pero, además, situada en el recipiente de intercambio, dependerá de la forma de Ion Na^+ que se considere admisible.

- Es importante considerar que los vertidos de la regeneración son corrosivos, y en general, aun después de mezclarlos, se precisara una neutralización previa de envío del efluente como vertido.

2.4 Tratamiento con fosfonatos

2.4.1 Proceso de regeneración

El proceso de regeneración con fosfonatos es el siguiente:

- Retro-lavado.
- Regeneración.
- Enjuague lento.
- Enjuague rápido.

2.4.2 Retro-lavado

Un retro-lavado apropiado es imperativo, ya que durante el servicio, el lecho de resina se vuelve compacto debido al continuo flujo de agua desde el fondo del ablandador hacia arriba del lecho de resina, sirve para esponjar el lecho y permitir una re graduación hidráulica del lecho para exponer el máximo de sitios de intercambio.

El retro-lavado también removerá desechos y cualquier partícula que se hubiese desprendido del lecho de resina. Típicamente los porcentajes de flujo son 5-6 gpm/pie cúbico, por 10 minutos. Cuando el intervalo entre regeneraciones excede tres días, debe realizarse un retro-lavado cada 48 horas por 5-10 minutos. Esto reclasifica la resina y extiende el tiempo de servicio.

2.4.3 Regeneración

La solución de salmuera debe estar cerca como sea posible del 100% saturación (concentración). Si el ablandador está equipado con un saturado de salmuera y el ablandador está equipado con un saturado de salmuera y un tanque medidor de salmuera, entonces la concentración de la solución de salmuera puede ser determinada exactamente por un salímetro.

Con un tanque de salmuera, debe tenerse cuidado de que el porcentaje mínimo de flujo de agua de relleno sea empleado al llenar el tanque de salmuera para permitir el máximo porcentaje de solución de sal. Durante el ciclo de regeneración la solución de salmuera saturada (26% por peso) es extraída y diluida con aguas para reducir la concentración de salmuera a un 10-11% de solución saturada lo cual permite, a un flujo normal de 0.5-1.0 gpm por pie cúbico, el óptimo intercambio de cationes de sodio.

Obviamente, si la solución de salmuera que entra en un suavizador no está completamente concentrada, la dilución resultante será menor de 10%, con la correspondiente baja eficiencia de la regeneración. La succión de salmuera (regeneración) usualmente dura 15 minutos.

2.4.4 Enjuague lento

Después de que se ha completado la succión de salmuera la bomba continúa suministrando agua, en forma de chorro, que sirve para colar la salmuera a través del lecho. Los valores típicos para el enjuague lento son 0.5 – 1.0 gpm/pie cúbico de resina por un mínimo de 15 minutos.

Resumen de parámetros de operación

- Punto típico de Agotamiento primera señal de avance de dureza.
- Porcentaje de flujo de servicio 2-4pgm/p3.
- Porcentaje del flujo de retro-lavado 5-6gpm/pie cúbico por 10 minutos.
- Concentración de salmuera
- 8 12% en el lecho de resina.
- Flujo de salmuera 10%.
- 0.5-1.0gpm/pie cúbico de resina por un mínimo de 15 minutos.
- Flujo de enjuague lento.
- 0.5-1.0 gpm/pie cúbico de resina por un mínimo de 15 minutos
- flujo de enjuague lapido.
- 1.5 a 3.0gpm/pie cúbico de resina por 50 minutos.
- Retorno a servicio.
- Inmediato o un poco después del en guaje.

2.4.5 Sal para la regeneración

El porcentaje de sal empleado durante el servicio de regeneración es más alto que teóricamente se requiere, pero es necesario forzar la reacción para que sea completa.

El porcentaje mas económico de sal es 6 libras por pie cúbico, el cual como durezas de agua de aproximadamente 140ppm, proporcionara cerca de 2,000 galones de agua blanda por pie cúbico de resina.

Mientras que un porcentaje de sal más alto, como por ejemplo 12 ó 15 libras de sal por pie cúbico, dará como resultado un funcionamiento no es equivalente al porcentaje de incremento en el porcentaje de sal. La tabla III aclarara esto.

Tabla III Sal para la generación

Lbs. de sal x pie de resina	Intercambio de sal-kilo	Capacidad del intercambio
6	0.29	20.5 Kg-pie
8	0.30	24.0 Kg-pie
10	0.40	25.0 Kg-pie
12	0.45	26.5 Kg-pie
15	0.50	30.0 Kg-pie

Fuente: Alkemy (tratamiento para agua de calderas)

2.5 Tratamiento externo

Se refiere aquellos que tienen el propósito de acondicionar el agua dentro de la caldera por medio generalmente de productos químicos, con el fin de darle características adecuadas al agua, eliminando las indeseables a través de reacciones químicas.

Todos estos sistemas de tratamiento interno se le conocen como “Programas de Tratamiento Químico”, los cuales se exponen a continuación:

2.5.1 Tratamiento Químico Actual

Rosazu cuenta con dos calderas marca Cleaver Brooks, de 800 y 400 Hp de potencias nominales. Actualmente, se está operando la caldera de 800Hp debido que la caldera de 400Hp no satisface la cantidad de demanda de vapor eficientemente

Caldera 800 HP:

Trabajando actualmente a tiempo completo los 7 días de la semana durante 24 horas. El consumo que se tiene es de aproximadamente 1200 galones diarios (bunker). El tratamiento químico, es proporcionado por la empresa Alkemy, la cual lleva un año con tres meses brindando este servicio, el tratamiento actual consta de 4 productos:

- W-2145
- W-2200
- W-2350
- W-2103

2.5.2 Personal

Las personas encargadas de calderas son dos: las cuales trabajan en turnos rotativos de 12 horas, con más de 5 años de laborar en dicha empresa, con los conocimientos técnicos necesarios para operar una caldera, ninguno cuenta con estudios relacionados con el tema de calderas, todo lo que saben lo han aprendido a través de los años.

2.5.3 Agua de Alimentación

El sistema es alimentado con agua suave y se cuenta con un bajo retorno de condensado lo que ayuda a despojar del agua de alimentación mucha de la dureza que contiene el agua cruda o agua dura, aunque siempre es conveniente contar con un tratamiento interno que inhiba los procesos incrustantes causado por fugas de dureza de los suavizadores debido, tal vez, a fallas puntuales en dichos equipos. Esta situación se ha venido dando en Rosazu ya que esta ingresando dureza a la caldera con agua de alimentación.

2.5.4 Suavizadores

Equipo que "ablanda" el agua por el proceso de intercambio iónico, es decir, substituye o intercambia minerales duros (como calcio, magnesio, sílice, etc.), por suaves (como sodio) a través de su carga eléctrica. El efluente atraviesa una cama de resina con carga iónica, removiendo los minerales contenidos en el fluido. Se puede optar por regeneración por tiempo, volumen tratado ó calidad de agua.

La empresa Rosazu cuenta con 3 suavizadores, actualmente, los suavizadores se encuentran en buenas condiciones, impidiendo el paso de dureza a la caldera, esto equipo tiene la siguiente característica:

SUAVIZADOR 1

- HI-FLO 52
- WATER SOFTENER
- MODELO: 750
- MODELO CABEZAL: 01009826
- SERIE: 983293
- FECHA DE INSTALACIÓN: 30/06/2001

CAPACIDAD DE FLUJO

- Tamaño del tanque 50 x 60
- Capacidad Máxima de Granos 810.000
- *Flujo Máximo: 123 m³
- *Flujo Continuo: 95 m³
- Flujo Mínimo 14 m³
- Enjuagado Rápido: 25
- Salmuera: 10.5
- Enjuagado Lento: 7.0
- Recambio 5.0

SUAVIZADOR 2

- HI-FLO 52
- WATER SOFTENER
- MODELO: 750
- MODELO CABEZAL: 01009827
- SERIE: 983294
- FECHA DE INSTALACIÓN: 04/07/2001

CAPACIDAD DE FLUJO

- Tamaño del tanque 50x 60
- Capacidad Máxima de Granos 810.000
- Flujo Máximo: 123 m³
- Flujo Continuo: 95 m³
- Flujo Mínimo 14 m³
- Enjuagado Rápido: 25
- Salmuera: 10.5
- Enjuagado Lento: 7.0
- Recambio 5.0

SUAVIZADOR 3

- HI-FLO 50
- WATER SOFTENER
- MODELO: HV-603
- MODELO CABEZAL: 02001245
- SERIE: 993254
- FECHA DE INSTALACIÓN: 20/09/2004

CAPACIDAD DE FLUJO

- Tamaño del tanque 36 x 54
- Capacidad Máxima de Granos 600.000
- Flujo Máximo: 123 m³
- Flujo Continuo: 95 m³
- Flujo Mínimo 14 m³
- Enjuagado Rápido: 40
- Salmuera: 10.5
- Enjuagado Lento: 8.3
- Recambio 5.0

2.5.5 Combustión

La combustión en una caldera se realiza con el fin de obtener energía, y es obvio que para una mejor rentabilidad es preciso recuperar, del modo más posible, la energía química contenida en potencia en el combustible. Esta energía química va a liberarse bajo la forma de calor en las reacciones de la combustión. Este calor va a ser recuperado en la caldera para producir vapor y recalentarlo. La diferencia entre la energía en potencia, contenida en el combustible, y la energía absorbida por el vapor constituye la energía perdida (calorías perdidas). El rendimiento de la combustión es, pues, función de estas pérdidas. Las causas de estas pérdidas son numerosas.

2.5.6 Condensado

El porcentaje de retorno de condensado que se tiene es bajo, ya que no se cuenta con un circuito para retornar todo el condensado generado por las máquinas hacia el tanque de alimentación de la caldera, además las tuberías se están oxidando debido al ácido carbónico que se forma en las mismas, por la descomposición de los carbonatos que forman CO_2 y al mezclarse con el agua forman el ácido carbónico. El condensado es conveniente aprovecharlo al máximo para obtener agua de alimentación de mayor pureza mineral y con alto contenido energético que favorezca la evaporación y disminuya el consumo de combustible.

2.5.7 Tratamiento Químico

Los tratamientos químicos en el agua de la caldera, de un modo general, tienen los principales fines:

- Prevenir los procesos corrosivos.
- Evitar la formación de incrustaciones
- Evitar los fenómenos de acarreamiento.
- Prevenir contra la volatilización de sílice.
- Evitar el ataque cáustico.
- Prevenir contra daños provocados por hidrógeno

El tratamiento interno para las calderas consta de 4 productos los cuales se describirán a continuación:

2.5.7.1 Químico W-2145

W-2145 es un producto líquido de alta calidad, especialmente diseñado para utilizarlo en calderas donde el agua de alimentación tiene alto contenido de sílice.

Su avanzada formulación esta elaborada a base de polímero maleico, el cual mantiene en suspensión los minerales que comúnmente se adhieren a las superficies de transferencias de calor. Puede ser utilizado en aguas suaves y duras, con una dureza máxima hasta de 150ppm.

VENTAJAS:

W-2145 es un producto compatible con la mayoría de tratamientos químicos, utilizados para agua de calderas como: sulfito de sodio, aminas neutralizantes y fílmicas, etc. Proporciona un control de las incrustaciones de silicatos, carbonatos de calcio y sulfatos de calcio.

RECOMENDACIONES DE USO

W-2145 puede ser suministrado por medio de una bomba dosificadora conectada en serie con la bomba de alimentación del agua de la caldera por medio de un bypass instalado en la línea de agua de alimentación. Su control se realiza por medio del residual de fosfatos, el cual se debe mantener entre 15-30ppm.

Puede ser utilizado para desincrustar las calderas en operación dosificado 75-150ppm en el agua de alimentación por un periodo de 3 meses o más. La cantidad a dosificar depende de la dureza del agua de alimentación, los ciclos de concentración, el vapor producido y el tipo de incrustación.

Normalmente se le puede dosificar de 1.5 a 2.0 litros por cada 6,000 a 8,000 galones de agua de relleno.

CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS

Apariencia:	liquido transparente de color ámbar
pH:	13.1 \pm 0.5
Peso Específico:	1.07 \pm 0.5

2.5.7.2 Químico W-2200

W-2200 es un producto de polvo de alta calidad, especialmente formulado para secuestrar el oxígeno del agua de alimentación en las calderas, previniendo la corrosión causada por el mismo.

Contiene un catalizador que remueve en forma efectiva el oxígeno del agua de alimentación 200 veces mas rápido que un sulfito sin catalizador. Esto es particularmente importante en las calderas cuyos sistemas operan sin deareador o tienen agua de alimentación a una temperatura menor de 180°F. La corrosión en el tanque de alimentación y las tuberías es reducida. La caldera recibe agua de alimentación libre de oxígeno, por lo que proviene el pitting de la misma.

VENTAJAS

W-2200 remueve completamente el oxígeno del agua extendiendo así la vida útil del tanque de alimentación, tuberías y caldera.

Reduce la formación de hierro interno en la caldera, por lo que también se disminuyen los depósitos de óxido en las superficies de transferencia de calor en las calderas.

Contiene un catalizador por acelerar la reacción y garantizar una remoción de oxígeno del 99.8%, evitando el riesgo de corrosión por pitting.

RECOMENDACIONES DE USO

W-2200 puede ser dosificado continuamente por medio de una bomba dosificadora al deareador, tanque de almacenamiento o al tanque de agua de alimentación, antes que entre en las calderas. La cantidad a dosificar dependerá de la temperatura del agua de alimentación, el contenido de oxígeno y el vapor producido.

W-2200 no deberá ser dosificado conjuntamente con otros tratamientos químicos, sino que aplicarse en forma separada.

Normalmente puede dosificarse con agua de alimentación a 180°F de 0.5 a 1.0 libra por cada 15,000 galones de agua. Con agua de alimentación a 140°F de oxígeno del agua de alimentación. Deberá mantener residual de 20-40ppm de Na₂SO₃.

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

Apariencia: Polvo granular gris

PH (1% Solución): 8.80 +/- 0.05

2.5.7.3 Químico W-2350

W-2350 es un producto líquido, especialmente diseñado para prevenir la corrosión producida por el dióxido de carbono en las tuberías de vapor y condensado. La combinación de aminas con diferentes radios de distribución, permite proporcionar una apropiada protección anticorrosiva en las tuberías de diferentes largos que contengan vapor y condensado.

El dióxido de carbono se forma al generar vapor de agua, el cual ocasiona un desgaste uniforme en las tuberías en la parte inferior por donde circula el condensado. El dióxido de carbono se encuentra presente en el agua de relleno como un gas y en la alcalinidad de forma combinada. Cuando la alcalinidad se introduce en la caldera, esta cambia de forma dejando dióxido libre. Luego el dióxido de carbono sale de la caldera con el vapor. Cuando el vapor se condensa y este se combina con el dióxido de carbono forma ácido carbónico.

VENTAJAS:

W-2350 protege las tuberías de vapor y condensado de la corrosión causada por el ácido carbónico, gracias a la combinación de aminas es muy efectivo tanto en el vapor como en el condensado y en tuberías con longitudes y presiones variables.

Puede ser utilizado en plantas alimenticias donde el vapor tiene contacto con los alimentos hasta un máximo de 30ppm a excepción de las industrias lácteas.

Reduce el mantenimiento de trampas de vapor, serpentines, equipos, etc. Originados por la corrosión de las mismas, evitando paros improductivos y contaminaciones del condensado.

W-2350 al reducir significativamente la corrosión en el condensado, se mantiene una recuperación de agua con alto contenido de energía y de mejor calidad, disminuyendo los depósitos en la caldera y reduciendo el consumo de combustible.

RECOMENDACIONES DE USO

W-2350 puede ser aplicado al tanque de alimentación de agua, tubería de alimentación de agua o directamente a la tubería de vapor. Este producto es compatible con otros tratamientos químicos para la caldera, por lo que puede ser diluido y mezclado con otros productos en el mismo tanque de alimentación.

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

Apariencia:	Líquido transparente e incoloro
PH (1% Solución):	12.2. +/- 0.7
Peso Especifico:	0.99 +/- 0.05

2.5.7.4 Químico W-2103

W-2103 es un producto líquido libre de fosfatos, formulado para ser utilizado en calderas de vapor de baja y media presión hasta de 900 psi, alimentadas con agua suave y o semidura hasta de 80ppm de dureza. Esta diseñado especialmente para ser utilizado en aguas de alimentación con alto contenido de hierro, eliminándolo por la purga en + forma de complejos solubles.

Posee inhibidores de incrustación, acondicionadores orgánicos de lodos y polímeros dispersantes, los cuales permiten mantener las superficies de transferencia de calor dispersas, los cuales permiten mantener las superficies de transferencia de calor libres de incrustaciones, además, contiene secuestrantes de oxígeno que previenen la corrosión por picadura (pitting) causado por el oxígeno disuelto sobre la superficie del metal.

VENTAJAS:

W-2103 puede ser utilizado en sistemas donde se requiera tratamientos totalmente orgánicos. Su función es dispersar la dureza de las superficies de transferencia de calor de las calderas. Es un producto completo, pues no necesita por separado la aplicación de acondicionadores de lodo o dispersantes. Contiene agentes que acomplejan el hierro de 4 a 12 ppm y permiten un proceso de desincrustación de operación. La dureza a mantener deberá ser de 10 – 45ppm.

RECOMENDACIONES DE USO

W-2103 puede ser suministrado por medio de una bomba dosificadora conectada en serie con la bomba de alimentación del agua de la caldera o por medio de un bypass instalado después de la bomba. En su defecto, puede añadirse directamente al tanque de alimentación. Este producto puede ser utilizado con aminas neutralizantes u otros productos químicos para agua de caldera.

La cantidad a utilizar dependerá de la dureza del agua de alimentación, ciclos de concentración y vapor producido. Normalmente puede dosificarse de 100 a 250ppm de producto en base al agua de alimentación.

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

Apariencia:	Líquido transparente e incoloro
PH (1% Solución):	13.1 +/- 0.5
Peso Especifico:	1.13 +/- 0.05

2.6 Sólidos disueltos en el agua

Los sólidos disueltos o salinidad total, es una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua, determinada por evaporación de un volumen de agua previamente filtrada. Corresponde al residuo seco, con filtración previa. El origen de los sólidos disueltos puede ser múltiple, orgánico e inorgánico, también, tanto en aguas subterráneas, como superficiales. Aunque para las aguas potables, se indica un valor máximo deseable de 500ppm, el valor de los sólidos disueltos no es por si solo, suficiente para determinar la bondad de agua.

Sólidos en suspensión

Los sólidos en suspensión, SS, es una medida de los sólidos sedimentables (no disueltos), que pueden ser retenidos en un filtro. Las aguas subterráneas suelen tener menos de 1ppm, pero en la superficie varia mucho en función del origen y las circunstancias de la captación. Se preparan por filtración y decantación.

Sólidos Totales

Los sólidos totales son la suma de los sólidos disueltos y de los sólidos en suspensión

2.6.1 Medición de TDS

La operación de controlar los sólidos disueltos en el agua (TDS) de una caldera, abajo del límite permitido, es relativamente fácil, pues basta regular la abertura o tiempo de descarga y controlar a través de la conductividad del agua en total de sólidos disueltos de acuerdo a la siguiente formula:

$$\text{ppm sólidos disueltos} = 0.68 * \text{conductividad a } 25^{\circ}\text{C}$$

Cuando nos interesa saber cuanta agua de caldera será preciso desplazar, para mantener el total de los sólidos disueltos se puede hacer uso de la siguiente formula:

$$A = \frac{C}{M - C} * 100$$

A = Porcentaje de purga que se debe descargar (en función de la cantidad de vapor producido).

C = el total de sólidos disueltos en el agua de alimentación.

M = el total de sólidos disueltos permitidos en el agua de la caldera.

2.6.2 Purgas actuales

Las purgas a las calderas se realizan basándose en el análisis semanal que realiza la persona encargada de proveer el químico para protección de las calderas. Dicho análisis se basa en analizar la cantidad de sólidos disueltos en el agua y de este factor dependen las purgas, actualmente se purga una vez al día, El tipo de purga que se utiliza es Purga intermitente de fondo, esto se realiza a primera hora del turno de día.

El procedimiento para purgar se basa en abrir las llaves ubicadas en la parte baja de la caldera por un tiempo máximo de 20 segundos, luego se vuelven a cerrar. Esto se realiza con el objetivo de mantener el nivel de sólidos disueltos en un máximo de 2,500ppm.

Igual que una percoladora que deja que los residuos minerales en forma de incrustación o lodos, todos los sólidos disueltos o suspendidos que entran en una caldera son dejados atrás cuando el calor es generado. La continua adición de agua de relleno produce dentro de la caldera, concentraciones de sólidos cada vez mayores. Finalmente se llega a un punto donde la operación de la caldera es completamente insatisfactoria. Los factores limitantes pueden ser:

- Total de sólidos.
- Sólidos suspendidos.
- Alcalinidad.
- Contenido de sílice.

Todos los programas de tratamiento de aguas están entonces basados en estos factores limitantes, pauta para la presión específica de la caldera.

PURGA DE FONDO

Representa la forma mas directa, frecuentemente la única, para remover efectivamente los sólidos suspendidos acumulados en la caldera. Purgas cortas, frecuentes son muchas más efectivas para remover el lodo de la caldera, que solo una purga larga e infrecuente. Es buena practica operacional hacer una purga a la caldera por lo menos una vez cada turno.

PURGA CONTINUA

Una purga continua sin embargo, remueve el flujo de agua continuo aunque pequeño, para limitar la concentración de impurezas disueltas en la caldera. Una válvula de control es utilizada para permitir cuidadosa regulación de este flujo de agua y mantener las concentraciones del agua de la caldera relativamente constantes.

Un buen control de purga es uno de los requerimientos importantes en el acondicionamiento del agua de la caldera. Si la purga no es regulada adecuadamente será casi imposible mantener un control satisfactorio del programa de tratamiento químico y condiciones buenas de transferencia de calor.

En cualquier sistema de proceso estacionario (estable) que observemos, se cumple la ley del balance de materia que podemos describir:

$$\text{Entrada} - \text{Salida} = \text{Acumulación}$$

Una caldera puede considerarse sistema estacionario y como nuestro principal problema consiste en evitar la acumulación de los sólidos, se debe cumplir con la siguiente condición:

$$\begin{aligned} \text{Entrada de sólidos totales} &= \text{salida de sólidos totales} \\ \text{Sólidos disueltos} + \text{Sólidos en suspensión} &= \text{Sólidos Totales} \end{aligned}$$

2.6.3 consumos de agua

Día	Octubre M ³	Noviembre M ³	Diciembre M ³
01/10/2006	20.6	16.1	16
02/10/2006	19.2	17.6	17.3
03/10/2006	14.9	19.5	14.8
04/10/2006	11.3	14.8	18.4
05/10/2006	13.3	14.7	20.3
06/10/2006	12.2	15.1	18.3
07/10/2006	10.1	36.5	13.1
08/10/2006	9.4	64.2	6.8
09/10/2006	13.4	16.8	2.3
10/10/2006	16.8	14.5	10.1
11/10/2006	14.9	21	14.5
12/10/2006	14.6	20.4	11.6
13/10/2006	15.7	118.5	12.7
14/10/2006	20.3	88.2	14.6
15/10/2006	15	15.2	11.4
16/10/2006	13	17.5	9.3
17/10/2006	15.4	12.6	5.4
18/10/2006	16.3	13.7	0
19/10/2006	15.6	13.8	0
20/10/2006	18.9	12.6	0
21/10/2006	17.2	12.2	0
22/10/2006	21.5	11.2	0
23/10/2006	14	14.3	0
24/10/2006	18	6.1	0
25/10/2006	18.3	10.1	0
26/10/2006	20.3	5.6	0
27/10/2006	18	18.6	0
28/10/2006	17	15.9	11.6
29/10/2006	20	18.1	0
30/10/2006	18	16.8	0
31/10/2006	19	0	0
TOTAL	502.2	676.1	200.9

Fuente: proporcionado por el departamento de mantenimiento.

2.7 Distribución de vapor

El vapor generado en las calderas. Éste generalmente se emplea para los siguientes fines:

- Calentamiento de proceso
- Accionamiento de equipo mecánico
- Proceso
- Limpieza

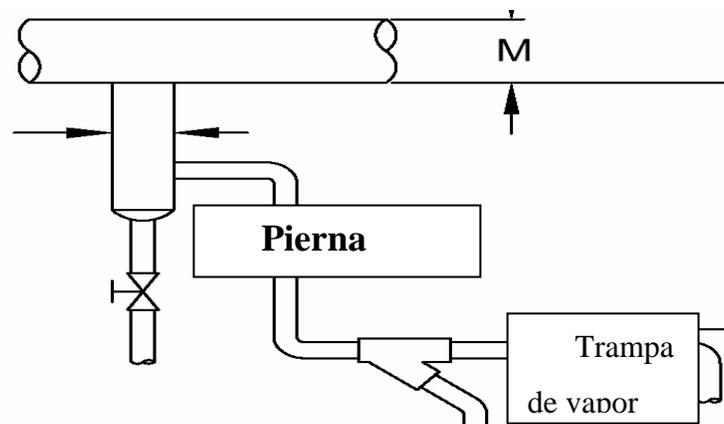
Una vez que el vapor ha sido generado en la caldera, pasa a través del sistema de distribución (tuberías), el cual tiene instalado un aislamiento térmico para minimizar las pérdidas de energía del vapor hacia el medio ambiente y así entregar a los equipos consumidores finales el vapor con la calidad requerida. Otra parte importante del sistema de distribución de vapor está integrado por las trampas de vapor, cuyas funciones de manera general son: eliminar el vapor que se condensa en el sistema de distribución, condensar e integrar el vapor utilizado por los equipos al sistema de generación.

Para determinar el comportamiento energético de los equipos que integran el sistema de generación y distribución de vapor, se realizara un diagnóstico energético , en donde se detectaran los potenciales de ahorro que coadyuven a la eficientización de la caldera, del aislamiento térmico y de las trampas de vapor, mediante la aplicación de recomendaciones operacionales o de inversión, logrando beneficios energéticos, económicos y ambientales.

2.7.1 Piernas colectoras

Las piernas colectoras proveen espacio suficiente para capturar condensado y basura, y dirigir el condensado a la trampa de vapor.

Figura 5 Dimensionamiento de pierna colectora



Fuente: Intelligent System Solution.

Las piernas colectoras deben de tener el diámetro y longitud adecuados. En la siguiente tabla se muestra las dimensiones de piernas colectoras en Líneas Principales de Vapor Y Ramales

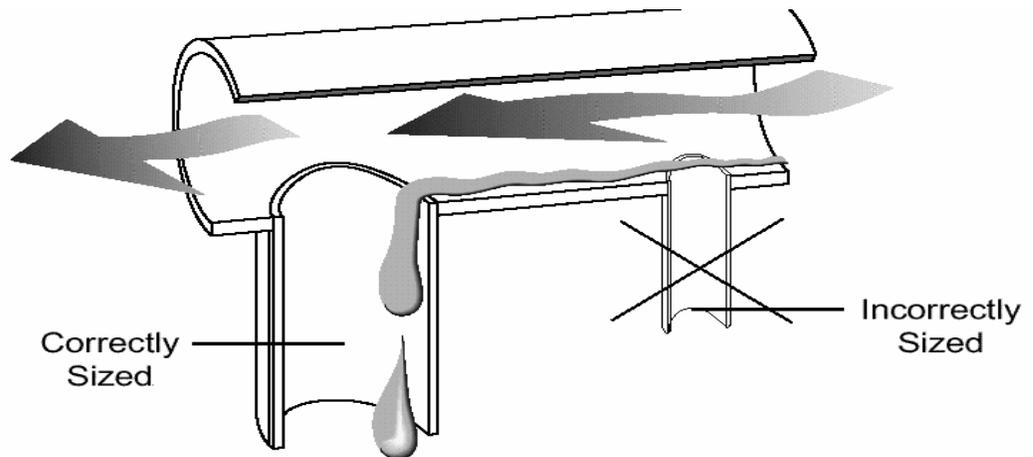
Tabla IV Diámetros y longitud adecuados de las piernas colectoras

Línea Principal (PLG)	Diámetro Pierna Colectora (pulg.)	Longitud Mínima Pierna Colectora
1/2	1/2	28
3/4	3/4	28
1	1	28
2	2	28
3	3	28
4	4	28
6	4	28
8	4	28
10	6	28
12	6	28
14	8	28
16	8	28
18	10	28
20	10	30
24	12	36

Fuente: Intelligent System Solution

Una pierna colectora dimensionada incorrectamente, no permitirá que el condensado llegue a la trampa. El condensado puede ser succionado en piernas colectoras Sub.-Dimensionadas en diámetro enviándolo nuevamente a la línea de vapor, en la siguiente figura se muestra el diámetro correcto e incorrecto de una tubería.

Figura 6 Dimensionamiento adecuado



Fuente: Intelligent System Solution

2.7.2 Golpes de ariete

El golpe de ariete se origina debido a que el agua es ligeramente elástica (aunque en diversas situaciones se puede considerar como un fluido no compresible). En consecuencia, cuando se cierra bruscamente una válvula o un grifo instalado en el extremo de una tubería de cierta longitud, las partículas de agua que se han detenido son empujadas por las que vienen inmediatamente detrás y que siguen aún en movimiento. Esto origina una sobrepresión que se desplaza por la tubería a una velocidad algo menor que la velocidad del sonido en el agua.

Esta sobrepresión tiene dos efectos: comprime ligeramente el agua, reduciendo su volumen, y dilata ligeramente la tubería. Cuando toda el agua que circulaba en la tubería se ha detenido, cesa el impulso que la comprimía y, por tanto, ésta tiende a expandirse. Por otro lado, la tubería que se había ensanchado ligeramente tiende a retomar su dimensión normal. Conjuntamente, estos efectos provocan otra onda de presión en el sentido contrario. El agua se desplaza en dirección contraria pero, al estar la válvula cerrada, se produce una depresión con respecto a la presión normal de la tubería. Al reducirse la presión, el agua puede pasar a estado gaseoso formando una burbuja mientras que la tubería se contrae.

Al alcanzar el otro extremo de la tubería, si la onda no se ve disipada, por ejemplo, en un depósito a presión atmosférica, se reflejará siendo mitigada progresivamente por la propia resistencia a la compresión del agua y a la dilatación de la tubería.

El problema del golpe de ariete es uno de los problemas más complejos de la hidráulica, y es resuelto generalmente mediante modelos matemáticos que permiten simular el comportamiento del sistema.

Consecuencias:

- Este fenómeno es muy peligroso, ya que la sobrepresión generada puede llegar a entre 60 y 100 veces la presión normal de la tubería, ocasionando roturas en los accesorios instalados en los extremos (llaves, válvulas, etc.).
- La fuerza del golpe de ariete es directamente proporcional a la longitud del conducto, ya que las ondas de sobrepresión se cargarán de más energía, e inversamente proporcional al tiempo durante el cual se cierra la llave: cuanto menos dura el cierre, más fuerte será el golpe.
- El golpe de ariete estropea el sistema de abastecimiento de agua, a veces hace reventar tuberías de hierro colado, ensancha las de plomo, arranca codos instalados, etc.

Dispositivos para controlar el golpe de ariete:

Para evitar este efecto, existen diversos sistemas:

Para evitar los golpes de ariete causados por el cierre de válvulas, hay que estrangular gradualmente la corriente de agua, es decir, cortándola con lentitud utilizando para ello, por ejemplo, válvulas de rosca. Cuanto más larga es la tubería, tanto más deberá durar el cierre.

Sin embargo, cuando la interrupción del flujo se debe a causas incontrolables como, por ejemplo, la parada brusca de una bomba eléctrica, se utilizan tanques neumáticos con cámara de aire comprimido, torres piezométricas o válvulas que puedan absorber la onda de presión.

Otro método es la colocación de ventosas de aireación, preferiblemente trifuncionales (1ª función: introducir aire cuando en la tubería cuando se extraiga el agua, para evitar que se generen vacíos; 2ª función: extracción de grandes bolsas de aire que se generen, para evitar que una columna de aire empujada por el agua acabe reventando codos o, como es más habitual en las crestas de las redes donde acostumbra a acumularse las bolsas de aire; 3ª función: extracción de pequeñas bolsas de aire, debido a que el sistema de las mismas ventosas por lado tienen un sistema que permite la extracción de grandes cantidades y otra vía para las pequeñas bolsas que se puedan alojar en la misma ventosa).

Otro caso común de variación brusca de la velocidad del flujo en la tubería se da en las centrales hidroeléctricas, cuando se produce una caída parcial o total de la demanda. En estos casos tratándose de volúmenes importantes de agua que deben ser absorbidos, se utilizan en la mayoría de los casos torres piezométricas que se conectan con la presión atmosférica, o válvulas de seguridad

2.7.3 Estado de trampas

La eficiencia de cualquier equipo o instalación que utilice vapor está en función directa de la capacidad de drenaje de condensado, por ello es fundamental que la purga de condensados se realice automáticamente y con el diseño correcto.

Hay tres tipos de falla, que han sido encontradas en las trampas de vapor:

Falla de posición cerrada, que es notable por el pobre comportamiento del equipo debido a inundaciones con condensado. Esta clase de falla pasa desapercibida en las tuberías de vapor.

Falla en la posición abierta, que causa pérdidas de vapor vivo. Las trampas frecuentemente descargan a un sistema de retorno de condensados y el vapor vivo que sale por el tanque de almacenamiento puede indicar problemas, no obstante es difícil localizar la trampa defectuosa.

Operación deficiente, que es la falla más común, y también la más difícil de identificar y localizar; resultando la pérdida de vapor. Puede ser causada por numerosas razones específicas a cada tipo de trampa y los ejemplos son excesivamente repetitivos; cierre incompleto de válvulas, cierre lento en respuesta al vapor etc.

A continuación se darán a conocer los métodos mas utilizados en la industrial para revisar el estado de las trampas de vapor.

Como se verifica que el comportamiento de las trampas de vapor que descargan a la atmósfera:

Las trampas descargando a la atmósfera presentan facilidad y seguridad para verificar su operación. Aún para una persona no familiarizada con ellas, es fácil observar la descarga de la trampa y decidir en todo caso si trabaja correctamente. Las trampas que descargan en forma continua o intermitentemente son particularmente fáciles de verificar; cuando la trampa usada esta cerrada, únicamente una pequeña neblina debe ser visible y ésta es causada por la evaporación de pequeñas gotas que salen por la conexión de salida. Cuando la trampa está descargando normalmente habrá una cantidad de vapor producido por la vaporización instantánea, que sale junto con el condensado y no debe ser confundido con vapor vivo.

Las trampas termodinámicas, de presión balanceada convencionales y de cubeta invertida, manejando cargas moderadas trabajarán de esta forma.

Las trampas de flotador, bimetálicas y algunas de presión balanceada con elementos de acero inoxidable, en muchos casos darán una descarga continua. Con estos tipos de trampas es más difícil decidir si trabajan correctamente; sin embargo, si hay una zona en la descarga de la tubería con una neblina azulosa, ello será una fuerte indicación de que por la trampa está pasando vapor vivo.

Cómo se verifica que el comportamiento de las trampas de vapor que tienen mirillas de vidrio:

La mirilla de vidrio mostrada es sólo una ventana colocada en el lado de la descarga de la trampa, de tal forma que el flujo descargado pueda ser observado. Generalmente es efectiva en el caso de trampas que tienen una descarga limpia, pudiendo ser necesaria alguna experiencia para juzgar si la descarga de la trampa es correcta, particularmente si estas descargas son grandes.

En algunas instalaciones puede ocurrir que se presenten incrustaciones en el lado del vidrio, causando problemas. Estos depósitos también afectarán el lado del vapor siendo indicativo de que el tratamiento del agua de alimentación debe ser verificado.

Cómo se verifica que el comportamiento de las trampas de vapor mediante la medición de la temperatura:

Otro viejo método establecido para verificar el funcionamiento de las trampas de vapor es la medición de temperaturas en la entrada y descarga de ellas. Existen métodos que utilizan desde crayones sensitivos a la temperatura hasta pirómetros infrarrojos, lo que han sido usados y desafortunadamente solo han sido útiles para valores limitados ya que únicamente funcionan cuando una trampa causa serios inundamientos, pudiendo tener relevancia solo en el caso de trampas termostáticas.

Sin embargo, si la temperatura del condensado y el vapor formado por vaporización (flash), en el lado de la descarga de una trampa trabajando normalmente cerca a los 100 °C es la misma que la del vapor vivo, se tiene por conclusión que la medición de temperatura no permite tener una guía para saber el comportamiento de la trampa.

Cómo se verifica que el comportamiento de las trampas de vapor mediante la comprobación de sonido producido.

Otro método bien establecido para detectar el funcionamiento de una trampa, consiste en escuchar por medio de un estetoscopio, el sonido que hace la trampa al operar.

El estetoscopio empleado en estos casos es un aparato similar al usado por los médicos y es de utilidad para detectar funcionamientos anómalos o averías en las trampas de vapor. Consiste en una sonda metálica, que al ponerla en contacto con la trampa de vapor, transmite las vibraciones a los auriculares a través de una membrana. Su uso requiere cierta experiencia y tiene el inconveniente de que cuando hay varias trampas de vapor próximas, las tuberías transmiten las vibraciones, mismas que pueden dar lugar a errores en el diagnóstico.

Cómo se verifica el comportamiento de las trampas de vapor mediante la medición electrónica.

Un método reciente es provisto por un aparato que utiliza la conductividad del condensado como referencia, e involucra la conexión de un sensor en una cámara que es instalada del lado de la corriente que llega a la trampa de vapor.

La cámara es un pequeño recipiente que se encuentra dividido por una mampara con el fin de evitar que la llegada de condensado forme una acumulación turbulenta. Cuando la trampa trabaja normalmente, el condensado fluye bajo la mampara y un pequeño orificio en la parte superior de la misma iguala la presión en las dos partes de la cámara. Un sensor localizado en el lado de la corriente que entra a la cámara, detecta la presencia de condensado y oprimiendo un botón en el indicador portátil, es cerrado un circuito que indica que la trampa está trabajando correctamente. Si la trampa falla en la posición abierta, un volumen relativamente grande de vapor fluye hacia ella, lo que ocasiona una depresión en el nivel de condensado del lado en que se alimenta la cámara, dejando descubierto el sensor e interrumpiendo el circuito eléctrico, con lo cual el indicador portátil señalará que la trampa está fallando.

La ventaja de este sistema es la interpretación inequívoca de la señal, sin recurrir a experiencias o juicios personales. Usando alambres adecuados el indicador puede estar alejado de la cámara, lo que podría ser una ventaja en el caso de trampas en niveles altos o en tuberías que no tengan fácil acceso. La desventaja es el costo adicional de este sistema para cada trampa.

Cómo se verifica el comportamiento de las trampas de vapor mediante la utilización de detectores de fugas por ultrasonido:

Se basa en el principio físico de que un fluido al pasar por un orificio restringido, produce vibraciones de frecuencia por encima de la audible, o ultrasonidos.

Consiste básicamente en una sonda de contacto o receptor de ultrasonidos, un traductor que convierte las señales de ultrasonidos en impulsos eléctricos y un amplificador, filtros y convertidor de la señal en sonido audible por los auriculares. Además lleva un micrófono direccional que detecta ultrasonidos procedentes del ambiente.

Ventajas:

Es muy sensible y puede ajustarse según el tipo de fuga a detectar. Resulta muy útil para inspecciones rápidas. En trampas de vapor de descarga continua es más fácil determinar si lo que produce el ultrasonido es la descarga de condensado o una descarga de vapor.

Cómo se deben de interpretar los sonidos producidos en una trampa de vapor:

Los varios tipos de trampas de vapor hacen diferentes sonidos cuando están en operación. Un operador o técnico puede ser entrenado para reconocer estos sonidos y diagnosticar cuando una trampa de vapor funciona en forma incorrecta (esto se aplica también al estetoscopio)

Las trampas de cubeta invertida fallan, por lo regular, en la posición abierta, dando como resultado un sonido continuo similar al del vapor cuando pasa por la trampa; la cubeta también puede ser oída, cuando golpea con el cuerpo de la trampa.

Las trampas de flotador y termostáticas normalmente fallan en la posición cerrada. Un pequeño orificio en el flotador de la válvula hará que éste, por su propio peso, caiga hacia abajo; también un golpe de ariete puede causar que el flotador se colapse.

En estos la trampa es defectuosamente cerrada y ningún sonido será escuchado. Alternativamente, si la trampa tiene fallas en la posición abierta, será oído un sonido continuo, como cuando el vapor pasa a través de la trampa.

Las trampas termodinámicas generalmente fallan en la posición abierta, permitiendo el paso continuo de vapor. Si la trampa opera normalmente el detector de ultrasonido puede registrar el sonido del disco, en forma cíclica de 4 a 10 veces por minuto.

Las trampas termostáticas, cuando fallan en posición cerrada, lo hacen en forma silenciosa, mientras que aquellas que fallan abiertas producen un continuo sonido de vapor. En operación normal el detector ultrasónico será capaz de registrar el sonido del ciclo de apertura y cierre de la válvula.

2.7.3.1 Pérdidas de energía

En este punto se obtendrá la eficiencia de la caldera, para lo cual se pueden emplear dos métodos de cálculo aprobados por el código ASME, el método indirecto (método de pérdidas de energía) y método directo (método de entradas y salidas).

2.8 Aislamiento en tuberías

Todas las distribuciones de vapor deben estar correctamente aisladas, si sucede lo contrario se estará perdiendo energía y dinero.

Sin aislamiento adecuado, las líneas de distribución de vapor y las de retorno de condensado son una causa constante de desperdicio de energía. Además de ayudar a mantener la requerida por los equipos de la planta, en la siguiente tabla se puede apreciar las pérdidas por falta de aislamiento dependiendo del diámetro de la tubería:

Deben de ser aisladas todas aquellas superficies cuyas temperaturas se encuentren por arriba de los 50°C, incluyendo las de las calderas, líneas de vapor o de retorno de condensado, así como válvulas y accesorios, con frecuencia el aislamiento se daña o es retirado y nunca vuelto a colocar durante las operaciones de reparación del sistema de vapor. Todo aislamiento dañado o húmedo debe ser reparado o reemplazado de inmediato. Elimine las fuentes de humedad antes de reemplazar el aislamiento. Entre las causas que provocan humedad en este, se incluyen las fugas en válvulas, tuberías o equipos adyacentes.

Después de que las líneas de vapor son aisladas, los cambios en el flujo de calor pueden influenciar el comportamiento de otras partes del sistema de vapor.

2.8.1 Estimación del costo por pérdidas de calor

Anteriormente el aislamiento era utilizado únicamente para proveer protección al personal de planta y prevenir la condensación y congelación. Ahora la situación es diferente, ya que el costo del combustible y el equipo utilizado para generar vapor y transportarlo se ha incrementado de una manera considerable con el paso del tiempo. Debido a esta situación a continuación se realizara un inventario a los diferentes equipos, que no cuentan o que tienen un material aislante en malas condiciones, para mantener la temperatura del sistema lo cual se ve reflejado en perdidas de calor

Tabla V Inventario de material aislante

Máquina MCS 800

Ubicación	Diámetro de tuberías	Cantidad en metros
Línea principal máquina	2 ½"	8
Línea condensado	2"	10
Línea bidones	¾"	15

Máquina Saturno 3

Ubicación	Diámetro de tubería	Cantidad de metros
Línea tanque auxiliar	1 ½"	4
Línea principal máquina	1"	5
Línea principal	4"	1

Máquina Saturno 4

Ubicación	Diámetro de tubería	Cantidad de metros
Condensado	2"	8
Tanque auxiliar	1"	10
Línea principal	4"	4

Máquina MCS 1,200

Ubicación	Diámetro de tubería	Cantidad de metros
Línea principal	2"	4
Condensado de bidones	$\frac{3}{4}$ "	4

Máquina Calderas

Ubicación	Diámetro de tubería	Cantidad de metros
Vapor tanque	$\frac{3}{4}$ "	58
Bunker a caldera piso	1 $\frac{1}{2}$ "	24
Vapor tanques	$\frac{1}{2}$ "	14
Manifold caldera	8	17

Máquina Compactadora Ferraro

Ubicación	Diámetro de tubería	Cantidad de metros
Retorno de condensado	$\frac{3}{4}$ "	14
Trampas	1"	1
Línea principal	2"	1

Máquina Termofijadora

Ubicación	Diámetro de tubería	Cantidad de metros
Trampas	$\frac{1}{2}$ "	4
Retorno de condensado	1"	2
Línea de vapor	2"	24

Máquina Secadora Santex

Ubicación	Diámetro de tubería	Cantidad de metros
Retorno de condensado	2"	10
Trampas	¾"	2
Trampas	½"	1
Línea principal tiene trapo	4"	10

RESUMEN

Diámetro de tubería (pulg.)	Cantidad (Mts.)
½	19
1 ½	28
¾	93
1	18
2	57
2 ½	8
4	15
8	17

Para establecer las pérdidas de calor en las tuberías desnudas usaremos la siguiente fórmula:

$$Q = U \times A \times T$$

Donde:

Q = pérdidas de calor en BTU / Hr.

U = Coeficiente global de transmisión de calor expresado en BTU/ hr x pie² x °F de la superficie.

T= Diferencia de la temperatura entre la superficie y el ambiente en °F.

Tubería de ½”

Para una presión promedió de 100 PSI, temperatura ambiente de 88°F

Con el volumen y la velocidad elegida, sustituyendo la ecuación de continuidad se tiene que:

$$A = 2 \times \pi \times r \times L$$

$$D = \frac{1}{2} \text{ plgs.} \times \frac{1 \text{ pie}}{12 \text{ plgs}} = 0.041 \text{ pies} \quad \frac{0.041 \text{ pies}}{2} = 0.020 \text{ pie} = R_{\text{ext}}$$

$$A = 2 \times 3.1416 \times 0.020 \times 19 = 2.38 \text{ pie}^2$$

Por medio de la tabla XXII que se encuentra en los anexos para una presión de 100PSI se determina la temperatura de 338°F y una temperatura ambiente de 88°F-

$$\Delta T = 338 - 88 = 250^\circ\text{F}$$

Con un diámetro de ½ pulgadas y un diferencial de temperatura de 250°F Por medio de la tabla XIII que se encuentra en los anexos se determina el valor de U que es:

$$U = 3.42 \text{ BTU/ hr } \times \text{pie}^2 \times \text{°F}$$

$$Q = U \times A \times T$$

$$Q = 3.42 \text{ BTU/ hr } \times \text{pie}^2 \times \text{°F} \times 2.38 \text{pie}^2 \times 250 \text{°F} =$$

$$Q = 2,034.9 \text{ BTU/hr.}$$

Para determinar la pérdida de combustible se utiliza la siguiente formula y el valor del poder calorífico se tomo de la tabla XX.

$$\frac{\text{Q perdido}}{\text{Poder calorífico del bunker}} = \frac{2,034.9}{149700} = 0.01 \text{ galones de bunker/ hora}$$

$$0.01 \text{ galones de } \frac{\text{bunker}}{\text{hora}} \times \frac{24 \text{ hrs.}}{\text{día}} \times \frac{360 \text{ días}}{\text{año}} =$$

86.4 galones de bunker al año

Con un precio de Q 14.25 el galón se tiene una pérdida económica de:

$$86.4 \times 14.25 = \mathbf{1,231.2 \text{ quetzales al año.}}$$

Tubería de 1 ½"

Para una presión promedió de 100 PSI, temperatura ambiente de 88°F

Con el volumen y la velocidad elegida, sustituyendo la ecuación de continuidad se tiene que:

$$A = 2 \times \pi \times r \times L$$

$$D = 1\frac{1}{2} \text{ plgs} \times \frac{1 \text{ pie}}{12 \text{ plgs}} = 0.125 \text{ pies} \quad \frac{0.125 \text{ pies}}{2} = 0.062 \text{ pie} = R_{\text{ext}}$$

$$A = 2 \times 3.1416 \times 0.062 \times 28 = 10.90 \text{ pie}^2$$

Por medio de las tablas XXII que se encuentra en los anexos de vapor para una presión de 100PSI se determina la temperatura de 338°F y una temperatura ambiente de 88°F-

$$\Delta T = 338 - 88 = 250^\circ\text{F}$$

Con un diámetro de 1½ pulgadas y un diferencial de temperatura de 250°F Por medio de la tabla XXIII que se encuentra en los anexos se determina el valor de U que es:

$$U = 3.2 \text{ BTU/ hr} \times \text{pie}^2 \times ^\circ\text{F}$$

$$Q = U \times A \times T$$

$$Q = 3.2 \text{ BTU/ hr} \times \text{pie}^2 \times ^\circ\text{F} \times 10.90\text{pie}^2 \times 250^\circ\text{F} =$$

$$Q = 8,720 \text{ BTU/hr.}$$

Para determinar la pérdida de combustible se utiliza la siguiente fórmula y el valor del poder calorífico se tomo de la tabla XX.

$$\frac{\text{Q perdido}}{\text{Poder calorífico del bunker}} = \frac{8,720}{149700} = 0.05 \text{ galones de bunker/ hora}$$

$$0.05 \text{ galones de bunker} \times \frac{24 \text{ hrs.}}{\text{Hora}} \times \frac{360 \text{ dias}}{\text{año}} =$$

432 galones de bunker al año. Con un precio de Q 14.25 el galón se tiene una perdida económica de.

$$432 \times 14.25 = 6,156.6 \text{ quetzales al año.}$$

Tubería de 3/4"

Para una presión promedió de 100 PSI, temperatura ambiente de 88°F

Con el volumen y la velocidad elegida, sustituyendo la ecuación de continuidad se tiene que:

$$A = 2 \times \pi \times r \times L$$

$$D = \frac{3}{4} \text{ plgs} \times \frac{1 \text{ pie}}{12 \text{ plgs}} = 0.062 \text{ pies} \quad \frac{0.062 \text{ pies}}{2} = 0.031 \text{ pie} = R_{\text{ext}}$$

$$A = 2 \times 3.1416 \times 0.031 \times 93 = 18.11 \text{ pie}^2$$

Por medio de la tabla XXII que se encuentra en los anexos, para una presión de 100PSI se determina la temperatura de 338°F y una temperatura ambiente de 88°F-

$$\Delta T = 338 - 88 = 250^\circ\text{F}$$

Con un diámetro de 3/4 pulgadas y un diferencial de temperatura de 250°F Por medio de la tabla XXIII que se encuentra en los anexos, se determina el valor de U que es:

$$U = 3.33 \text{ BTU/hr} \times \text{pie}^2 \times ^\circ\text{F}$$

$$Q = U \times A \times T$$

$$Q = 3.33 \text{ BTU/hr} \times \text{pie}^2 \times ^\circ\text{F} \times 18.11 \text{ pie}^2 \times 250^\circ\text{F} =$$

$$Q = 15,076.5 \text{ BTU/hr.}$$

Para determinar la pérdida de combustible se utiliza la siguiente formula y el valor del poder calorifico se tomo de la tabla XX.

$$\frac{Q \text{ perdido}}{\text{Poder calorífico del bunker}} = \frac{15,076.5}{149700} = 0.10 \text{ galones de bunker/ hora}$$

$$0.10 \text{ galones de bunker} \times \frac{24 \text{ hrs.}}{\text{hora}} \times \frac{360 \text{ días}}{\text{año}} =$$

864 galones de bunker al año

Con un precio de Q 14.25 el galón se tiene una perdida económica de.

$$864 \times 14.25 = \mathbf{12,312 \text{ quetzales al año.}}$$

Tubería de 1"

Para una presión promedió de 100 PSI, temperatura ambiente de 88°F

Con el volumen y la velocidad elegida, sustituyendo la ecuación de continuidad se tiene que:

$$A = 2 \times \pi \times r \times L$$

$$D = 1 \text{ plg} \times \frac{1 \text{ pie}}{12 \text{ plg}} = 0.083 \text{ pies} \quad \frac{0.083 \text{ pies}}{2} = 0.041 \text{ pie} = R_{\text{ext}}$$

$$A = 2 \times 3.1416 \times 0.041 \times 18 = 4.63 \text{ pie}^2$$

Por medio de la tabla XXII que se encuentra en los anexos, para una presión de 100PSI se determina la temperatura de 338°F y una temperatura ambiente de 88°F.

$$\Delta T = 338 - 88 = 250^{\circ}\text{F}$$

Con un diámetro de 1 pulgadas y un diferencial de temperatura de 250°F Por medio de la tabla XXIII que se encuentra en los anexos se determina el valor de U que es:

$$U = 3.3 \text{ BTU/ hr } \times \text{pie}^2 \times ^{\circ}\text{F}$$

$$Q = U \times A \times T$$

$$Q = 3.3 \text{ BTU/ hr } \times \text{pie}^2 \times ^{\circ}\text{F} \times 4.63\text{pie}^2 \times 250^{\circ}\text{F} =$$

$$Q = 3,819.75 \text{ BTU/hr.}$$

Para determinar la pérdida de combustible se utiliza la siguiente formula y el valor del poder calorífico se tomo de la tabla:

$$\frac{Q \text{ perdido}}{\text{Poder calorífico del bunker}} = \frac{3,819.75}{149700} = 0.02 \text{ galones de bunker/ hora}$$

$$0.02 \text{ galones de } \underline{\text{bunker}} \times \frac{24 \text{ hrs.}}{\text{Hora}} \times \frac{360 \text{ dias}}{\text{año}} =$$

172.8 galones de bunker al año

Con un precio de Q 14.25 el galón se tiene una pérdida económica de.

$$172.8 \times 14.25 = \mathbf{2,462.4 \text{ quetzales al año.}}$$

Tubería de 2"

Para una presión promedió de 100 PSI, temperatura ambiente de 88°F

Con el volumen y la velocidad elegida, sustituyendo la ecuación de continuidad se tiene que:

$$A = 2 \times \pi \times r \times L$$

$$D=2\text{plg} \times \frac{1 \text{ pie}}{12\text{plg}} = 0.166\text{pies} \quad \frac{0.166\text{pies}}{2} = 0.083\text{pie} = R_{\text{ext}}$$

$$A = 2 \times 3.1416 \times 0.083 \times 57 = 29.72\text{pie}^2$$

Por medio de la tabla XXII que se encuentra en los anexos para una presión de 100PSI se determina la temperatura de 338°F y una temperatura ambiente de 88°F-

$$\Delta T = 338 - 88 = 250^\circ\text{F}$$

Con un diámetro de 2 pulgadas y un diferencial de temperatura de 250°F
 Por medio de la tabla XXIII que se encuentra en los anexos, se determina el
 valor de U que es:

$$U = 3.15 \text{ BTU/ hr } \times \text{pie}^2 \times \text{°F}$$

$$Q = U \times A \times T$$

$$Q = 3.15 \text{ BTU/ hr } \times \text{pie}^2 \times \text{°F} \times 29.72 \text{ pie}^2 \times 250 \text{°F} =$$

$$Q = 23,404.5 \text{ BTU/hr.}$$

Para determinar la pérdida de combustible se utiliza la siguiente fórmula
 y el valor del poder calorífico se tomo de la tabla:

$$\frac{\text{Q perdido}}{\text{Poder calorífico del bunker}} = \frac{23,404.5}{149700} = 0.15 \text{ galones de bunker/ hora}$$

$$0.15 \text{ galones de bunker} \times \frac{24 \text{ hrs.}}{\text{Hora}} \times \frac{360 \text{ dias}}{\text{año}} =$$

1296 galones de bunker al año

Con un precio de Q 14.25 el galón se tiene una perdida económica de.

$$1296 \times 14.25 = \mathbf{18,468 \text{ quetzales al año.}}$$

Tubería de 2 1/2"

Para una presión promedió de 100 PSI, temperatura ambiente de 88°F

Con el volumen y la velocidad elegida, sustituyendo la ecuación de continuidad se tiene que:

$$A = 2 \times \pi \times r \times L$$

$$D = 2 \frac{1}{2} \text{plgs} \times \frac{1 \text{ pie}}{12 \text{plgs}} = 0.208 \text{pies} \quad \frac{0.208 \text{pies}}{2} = 0.104 \text{pie} = R_{\text{ext}}$$

$$A = 2 \times 3.1416 \times 0.104 \times 8 = 5.22 \text{pie}^2$$

Por medio de las tablas XXII que se encuentra en los anexos, para una presión de 100PSI se determina la temperatura de 338°F y una temperatura ambiente de 88°F.

$$\Delta T = 338 - 88 = 250^\circ\text{F}$$

Con un diámetro de 2 1/2 pulgadas y un diferencial de temperatura de 250°F Por medio de la tabla XXIII que se encuentra en los anexos se determina el valor de U que es:

$$U = 3.11 \text{ BTU/ hr} \times \text{pie}^2 \times ^\circ\text{F}$$

$$Q = U \times A \times T$$

$$Q = 3.11 \text{ BTU/hr} \times \text{pie}^2 \times \text{°F} \times 5.22 \text{ pie}^2 \times 250 \text{°F} =$$

$$Q = 4,058.55 \text{ BTU/hr.}$$

Para determinar la pérdida de combustible se utiliza la siguiente fórmula y el valor del poder calorífico se tomo de la tabla XX.

$$\frac{\text{Q perdido}}{\text{Poder calorífico del bunker}} = \frac{4,058.55}{149700} = 0.02 \text{ galones de bunker/ hora}$$

$$0.02 \text{ galones de bunker} \times \frac{24 \text{ hrs.}}{\text{hora}} \times \frac{360 \text{ dias}}{\text{año}} =$$

172.8 galones de bunker al año

Con un precio de Q 14.25 el galón se tiene una perdida económica de.

$$172.8 \times 14.25 = \mathbf{2,462.4 \text{ quetzales al año.}}$$

Tubería de 4"

Para una presión promedió de 100 PSI, temperatura ambiente de 88°F

Con el volumen y la velocidad elegida, sustituyendo la ecuación de continuidad se tiene que:

$$A = 2 \times \pi \times r \times L$$

$$D=4\text{plgs} \times \frac{1 \text{ pie}}{12\text{plgs}} = 0.333\text{pies} \quad \frac{0.333\text{pies}}{2} = 0.1667\text{pie} = R_{\text{ext}}$$

$$A = 2 \times 3.1416 \times 0.1667 \times 15 = 15.71\text{pie}^2$$

Por medio de la tabla XXII que se encuentra en los anexos, para una presión de 100PSI se determina la temperatura de 338°F y una temperatura ambiente de 88°F.

$$\Delta T = 338 - 88 = 250^\circ\text{F}$$

Con un diámetro de 4 pulgadas y un diferencial de temperatura de 250°F Por medio de la tabla XXIII que se encuentre en los anexos, se determina el valor de U que es:

$$U = 3.01 \text{ BTU/ hr} \times \text{pie}^2 \times ^\circ\text{F}$$

$$Q = U \times A \times T$$

$$Q = 3.01\text{BTU/ hr} \times \text{pie}^2 \times ^\circ\text{F} \times 15.71\text{pie}^2 \times 250^\circ\text{F} =$$

$$Q = 11,821.77 \text{ BTU/hr.}$$

Para determinar la pérdida de combustible se utiliza la siguiente formula y el valor del poder calorífico se tomo de la tabla XX

$$\frac{\text{Q perdido}}{\text{Poder calorífico del bunker}} = \frac{11,821}{149700} = 0.07 \text{ galones de bunker/ hora}$$

$$0.07 \text{ galones de bunker} \times \frac{24 \text{ hrs.}}{\text{hora}} \times \frac{360 \text{ dias}}{\text{año}} =$$

604 galones de bunker al año

Con un precio de Q 14.25 el galón se tiene una perdida económica de.

$$604 \times 14.25 = \mathbf{8,607 \text{ quetzales al año.}}$$

Tubería de 8"

Para una presión promedió de 100 PSI, temperatura ambiente de 88°F

Con el volumen y la velocidad elegida, sustituyendo la ecuación de continuidad se tiene que:

$$A = 2 \times \pi \times r \times L$$

$$D = 8\text{plgs} \times \frac{1\text{ pie}}{12\text{plgs}} = 0.667\text{pies} \quad \frac{0.667\text{pies}}{2} = 0.334\text{pie} = R_{\text{ext}}$$

$$A = 2 \times 3.1416 \times 0.334 \times 17 = 35.68\text{pie}^2$$

Por medio de la tabla XXII que se encuentra en los anexos para una presión de 100PSI se determina la temperatura de 338°F y una temperatura ambiente de 88°F-

$$\Delta T = 338 - 88 = 250^\circ\text{F}$$

Con un diámetro de 8 pulgadas y un diferencial de temperatura de 250°F Por medio de la tabla XXIII que se encuentra en los anexos se determina el valor de U que es:

$$U = 2.89 \text{ BTU/ hr} \times \text{pie}^2 \times ^\circ\text{F}$$

$$Q = U \times A \times T$$

$$Q = 2.89 \text{ BTU/ hr} \times \text{pie}^2 \times ^\circ\text{F} \times 35.68\text{pie}^2 \times 250^\circ\text{F} =$$

$$Q = 25,778.8 \text{ BTU/hr.}$$

Para determinar la pérdida de combustible se utiliza la siguiente fórmula y el valor del poder calorífico se tomo de la tabla XX:

$$\frac{\text{Q perdido}}{\text{Poder calorífico del bunker}} = \frac{25,778}{149700} = 0.17 \text{ galones de bunker/ hora}$$

$$0.17 \text{ galones de bunker} \times \frac{24 \text{ hrs.}}{\text{hora}} \times \frac{360 \text{ días}}{\text{año}} =$$

1,468.8 galones de bunker al año. Con un precio de Q 14.25 el galón se tiene una pérdida económica de.

$$1,468.8 \times 14.25 = 20,930.4 \text{ quetzales al año.}$$

2.9 Calderas

2.9.1 Tratamiento químico

El tratamiento químico para el tratamiento interno de las calderas consiste en un batch, en el cual se disuelven las cantidades especificadas por el proveedor, además se le agregan 55 galones de agua, el agua con que se preparan los químicos debe estar en condiciones óptimas, el batch tiene duración de 7 días. A continuación se dan a conocer las dosificaciones de cada producto.

Tabla VI Tratamiento químico

PRODUCTO	CANTIDAD POR BATCH
W-2145	7.00 litros
W-2200	7.00 litros
W-2350	5.25 litros
W-2103	3.5 litros

Fuente: Proporcionado por el departamento de mantenimiento.

2.9.2 Costos

Los costos por el tratamiento químico a las calderas son los siguientes

Tabla VI costos del tratamiento químico

PRODUCTO	COSTO POR GALON	COSTO DIARIO	COSTO MENSUAL
W-2145	Q 143.45	Q 37.90	Q 1137.00
W-2200	Q 21.46	Q 21.46	Q643.90
W-2350	Q 244.97	Q 48.54	Q1456.23
W-2103	Q 161.22	Q 21.30	Q 3876.02
COSTOS	Q 571.15	Q 129.2	Q 3876.02

Fuente: Proporcionado por el departamento de mantenimiento.

3. PROPUESTA PARA OPTIMIZAR EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR

En este capítulo se centrará en realizar el diagnóstico y análisis del sistema de distribución de vapor y determinar los factores que están afectando al sistema o en todo caso creando una pérdida de energía.

3.1 Trampas de vapor en mal estado

La mayoría de las trampas de vapor instaladas, en el sistema de distribución de vapor excede ya los 10 años de servicio, por lo cual es muy probable que se encuentren fallando algunas trampas de vapor.

El creciente avance de la globalización y el incremento exagerado de los combustibles, hacen imperantes las necesidades de conseguir la mayor eficiencia de los equipos.

Como primer paso, se describirá el sistema de trampeo actual, las trampas de vapor son válvulas automáticas para la descarga del condensado y de los gases no condensables, de los sistemas y equipos que funcionan con vapor. Por lo tanto, además del buen diseño de la red de distribución de vapor, es necesario contar con un buen sistema de trampeo de vapor, para lograr la máxima eficiencia en el calentamiento de los equipos.

El vapor que entra a los equipos debe quedar retenido por la trampa, hasta que ceda el calor y logre la condensación, para que el proceso sea eficiente y por lo tanto rentable. Hay que tomar en cuenta también que no es recomendable la instalación de un by-pass, a través de las trampas de vapor ya que con el tiempo tienden a deteriorarse y puede causar perdidas de vapor hay que tener en cuenta en una instalación de unas trampa de vapor entre mas accesorios mas probabilidades de perdidas de vapor habrán.

En la actualidad se encuentran instaladas 61 trampas de vapor, de las cuales 35 se encuentran instaladas en equipos que funcionan continuamente, a las que se les pudo realizar la medición, chequeo y diagnostico, 8 se encuentran en equipos que consumen vapor ocasionalmente, 2 se encuentran instaladas en serpentines y las ultimas 16 se encuentran instaladas en intercambiadores de calor.

La mayoría de las trampas de vapor se encuentran instaladas con sus respectivos accesorios de norma (válvula de entrada, filtro, cheque y válvula de salida). Pero no se cuenta con un programa de mantenimiento, lo cual da como resultado que el sistema de trampeo se encuentre en malas condiciones.

A continuación, (véase tabla VII), se muestra el inventario total de trampas de vapor instaladas en la planta.

TablaVII: Inventario de trampas de vapor

Núm.	Ubicación	Presión (Lb/Pig2)	Tipo de Trampa	Fabricante	Conexión (")
1	Manifold	125	Cubeta invertida	Armstrong	$\frac{3}{4}$
2	Manifold	125	Cubeta Invertida	Armstrong	$\frac{3}{4}$
3	Trampa de línea máquina combi	100	Cubeta Invertida	Armstrong	$\frac{3}{4}$
4	Trampa de horno máquina combi	30	Cubeta Invertida	Armstrong	$\frac{3}{4}$
5	Compactadora máquina combi	30	Cubeta Invertida	Armstrong	$\frac{3}{4}$
6	Compactadora máquina combi	30	Cubeta Invertida	Armstrong	$\frac{3}{4}$
7	Compactadora máquina combi	30	Cubeta Invertida	Armstrong	$\frac{3}{4}$
8	Final de línea Compactadora máquina combi	125	Cubeta Invertida	HOF	$\frac{3}{4}$
9	Final de línea de vapor directo de secadora combi	125	Cubeta invertida	Armstrong	1/2
10	Final de línea de vapor máquina Termofijadora	125	Td	SPI	1
11	Final de línea de Compactadora Ferraro	125	Cubeta Invertida	Armstrong	$\frac{3}{4}$

Continuación

Núm.	Ubicación	Presión (Lb/Plg2)	Tipo de trampa	Fabricante	Conexión (")
12	Pierna colectora máquina Compactadora Ferraro	125	Cubeta Invertida	Armstrong	$\frac{3}{4}$
13	Máquina Compactadora Ferraro	40	Cubeta Invertida	Armstrong	$\frac{3}{4}$
14	Máquina Compactadora Ferraro	40	Cubeta invertida	Armstrong	$\frac{3}{4}$
15	Máquina Compactadora Ferraro	40	Cubeta invertida	Armstrong	$\frac{3}{4}$
16	Final de línea máquina Compactadora Santex	125	Cubeta invertida	Armstrong	$\frac{3}{4}$
17	Máquina Compactadora Santex	40	Cubeta invertida	Armstrong	$\frac{1}{2}$
18	Maquina Compactadora Santex	40	Cubeta invertida	Armstrong	$\frac{1}{2}$

Continuación

Núm.	Ubicación	Presión (Lb/Plg2)	Tipo de trampa	Fabricante	Conexión (")
19	Máquina Compactadora Santex	40	Cubeta invertida	Armstrong	½
20	Máquina Compactadora Santex	40	Cubeta invertida	Armstrong	¾
21	Máquina Compactadora Santex	40	Cubeta invertida	Armstrong	¾
22	Final de línea secadora	125	Cubeta invertida	HOF	¾
23	Máquina Saturno 1	125	F & T	SPI	2
24	Máquina Saturno 1	125	T D	SPI	1
25	Máquina Saturno 2	125	F & T	SPI	2
26	Máquina Saturno 2 Tanque auxiliar	125	F & T	SPI	1
27	Máquina Mcs 1200	125	F & T	SPI	2
28	Máquina Mcs 1200 tanque auxiliar	125	F & T	SPI	2
29	Máquina Mcs 1200 mezclador mixer	12	Cubeta invertida	Armstrong	¾
30	Máquina Saturno 3	125	Cubeta Invertida	NIC	1

Continuación

Núm.	Ubicación	Presión (Lb/Pig2)	Tipo de trampa	Fabricante	Conexión (")
31	Máquina Saturno 3	125	Cubeta Invertida	HOF	¾
32	Final de línea Máquina Saturno 3	125	Cubeta Invertida	HOF	¾
33	Tanque Auxiliar Máquina Saturno 4	125	Cubeta Invertida	SPI	2
34	Tanque auxiliar Máquina Saturno 4	125	TD	ADCA	1
35	Final de línea Máquina Saturno 4	125	Cubeta Invertida	Armstrong	¾
36	Máquina Mcs 800	125	Cubeta Invertida	Armstrong	¾
37	Intercambiador Máquina Mcs 800	125	F & T	SPI	2
38	Tanque auxiliar Máquina Mcs 800	125	Cubeta Invertida	SPI	2
39	Intercambiador Máquina Aquarius	125	F & T	Armstrong	1
40	Final de línea Máquina	125	Cubeta Invertida	HOF	¾
41	Tanque auxiliar Máquina Camel 2	125	Cubeta Invertida	SPI	2
42	Maquina Camel 1	125	Cubeta Invertida	SPI	2
43	Pre calentador Máquina Caldera 400 Hp	20	Cubeta Invertida	Armstrong	¾

Continuación

Núm.	Ubicación	Presión (Lb/Pig2)	Tipo de trampa	Fabricante	Conexión (")
44	Pre calentador Máquina Caldera 400 Hp	20	Cubeta Invertida	Armstrong	$\frac{3}{4}$
45	Trampa final de línea Área Tintorería	125	T D	SPI	$\frac{3}{4}$
46	Campo 1 Máquina Secadora Tubular	125	Cubeta Invertida	Armstrong	$\frac{3}{4}$
47	Campo 1 Máquina Secadora Tubular	125	Cubeta Invertida	Armstrong	$\frac{3}{4}$
48	Campo 1 Máquina Secadora Tubular	125	Cubeta Invertida	Armstrong	$\frac{3}{4}$
49	Campo 1 Máquina Secadora Tubular	125	Cubeta Invertida	Armstrong	$\frac{3}{4}$
50	Campo 2 Máquina Secadora Tubular	125	Cubeta Invertida	Armstrong	$\frac{3}{4}$
51	Campo 2 Máquina Secadora Tubular	125	Cubeta Invertida	Armstrong	$\frac{3}{4}$
52	Campo 2 Máquina Secadora Tubular	125	Cubeta Invertida	Armstrong	$\frac{3}{4}$
53	Campo 2 Máquina Secadora Tubular	125	Cubeta Invertida	Armstrong	$\frac{3}{4}$
54	Campo 3 Máquina Secadora Tubular	125	Cubeta Invertida	Armstrong	$\frac{3}{4}$
55	Campo 3 Máquina Secadora Tubular	125	Cubeta Invertida	Armstrong	$\frac{3}{4}$

Continuación

Núm.	Ubicación	Presión (Lb/Pig2)	Tipo de trampa	Fabricante	Conexión (")
56	Campo 3 Máquina Secadora Tubular	125	Cubeta Invertida	Armstrong	$\frac{3}{4}$
57	Campo 3 Máquina Secadora Tubular	125	Cubeta Invertida	Armstrong	$\frac{3}{4}$
58	Campo 4 Máquina Secadora Tubular	125	Cubeta Invertida	Armstrong	$\frac{3}{4}$
59	Campo 4 Máquina Secadora Tubular	125	Cubeta Invertida	Armstrong	$\frac{3}{4}$
60	Campo 4 Máquina Secadora Tubular	125	Cubeta Invertida	Armstrong	$\frac{3}{4}$

Como se puede observar en la tabla anterior, se muestra el inventario de trampas de vapor con que cuenta las diferentes líneas de distribución de vapor, en el inventario están incluidas todas las trampas de los equipos.

Tabla VIII Resumen de inventario de trampas de vapor

N.	TIPO DE TRAMPA	CANTIDAD	PORCENTAJE
1	Cubeta invertida	50	75%
2	Termodinámica	7	16%
3	Flote & Termostática	4	9%

Las presiones a las que se encuentran operando la mayoría de las trampas de vapor en la planta son de 125psi que es igual a la presión de generación por parte de las calderas.

Observaciones del sistema actual de distribución de vapor

Basándonos en las recomendaciones del fabricante, la vida útil de las trampas de vapor es de 5 a 6 años máxima. Este tiempo depende de las condiciones a las que este instalada la trampa y su mantenimiento. En la instalación actual se puede observar las siguientes características:

A) válvulas de corte, entrada y salida de la trampa de vapor.

La instalación de dichas válvulas es sumamente importante, el objetivo de estas es facilitar el mantenimiento de las trampas, de esta manera si se necesita realizar un trabajo en la trampa (limpieza, revisión interna u otros). Se puede realizar de una forma fácil, pero algunas válvulas ya cumplieron con su tiempo de vida, y es vital reponerlas por lo anteriormente mencionado.

B) Filtros antes de la trampa

Los filtros se instalan para proteger la trampa de vapor contra taponamientos parciales o completos, por la suciedad, partículas incrustaciones, limadura de hierro, escoria y otras partículas extrañas, en el sistema de tuberías y que son arrastradas junto al condensado, por el vapor.

Una trampa tapada o parcialmente produce condensado sub-enfriado en los equipos, por ende, se tiene que incrementar el consumo de vapor y los tiempos de calentamiento en los procesos.

Aproximadamente el 80% de las trampas instaladas actualmente poseen filtro, esto es positivo por lo anteriormente mencionado, el problema que presenta es falta de mantenimiento ya que no se cuenta con un programa para su respectiva revisión, y así poder evitar los taponamientos tanto parciales como totales.

C) Tuberías de vapor sin mantenimiento

Actualmente no se cuenta con un programa de inspección a las tuberías de vapor. El objetivo de un programa de mantenimiento es para revisar si existen fugas de vapor en las mismas, para tener una idea un agujero de 1/2plg. Puede descargar 379,500kilogramos de vapor desperdiciados al mes.

D) By-Pass permanentemente abiertos

La instalación de un by-pass, para la evacuación del condensado de los equipos. No es recomendable, porque no se puede tener un control en la evacuación del mismo.

En la instalación actual se encuentran muchos By-pass con fuga continua lo cual bloquea el funcionamiento correcto de la trampa, y lo que esta ocasionando es una fuga constante de vapor.

Entonces, un by-pass debe instalarse únicamente cuando el equipo no puede ser parado, y así poder revisar o reparar los accesorios del sistema de trampeo, por lo que mediante el uso del by-pass se procede a evacuar el condensado, para que el equipo no sufra de condensado sub-enfriado y pueda seguir funcionando bajo las condiciones normales (calentando).

E) Falta de trampas en las líneas principales

Las trampas de vapor deben ser instaladas en los puntos bajos del sistema, con el objetivo de separar el condensado sub-enfriado de el vapor.

Además se deben instalar trampas de vapor al final de cada línea de vapor, para evitar la acumulación de condensado y golpes de ariete. Las trampas de vapor deben ser instaladas a distancias de 100pies (30metros).

En la actualidad hay líneas principales de vapor que no cuentan con una pierna colectora y por ende con una trampa de vapor. Una buena evacuación de condensado provee y asegura la buena calidad del vapor (vapor saturado y seco), reduce los tiempos de calentamiento, el consumo de vapor y protege también los equipos de medición (manómetros y medidores de flujo, etc.)

Diagnostico de las trampas de vapor

El diagnostico de cada trampa se realizo con un medidor de temperatura infrarrojo y una pistola de ultrasonido.

Con el medidor de temperatura, se confirma la operación de la trampa al censar una temperatura elevada en su superficie. El diferencial de temperatura, entre la entrada y la salida de la trampa, permite obtener una idea parcial del diagnostico de esta.

El diagnóstico de las trampas de vapor se realizara por medio del análisis de temperaturas. Existen otros métodos de prueba, como el análisis ultrasónico, en el cual mediante el uso de una pistola ultrasónica se pueden localizar fugas de vapor tanto en las tuberías, como en las trampas de vapor, para poder determinar claramente en número de descargas por minuto de la trampa de vapor. En realidad, el análisis de ultrasonido ofrece una confirmación clara del estado en que se encuentran las trampas de vapor.

A continuación se explicará cómo se realizará el diagnóstico de las trampas de vapor mediante el uso de una simple pistola de termografía infrarroja, la cual mide la temperatura de un cuerpo por la radiación que emite.

Para hacer este análisis de deben medir la temperatura en tres puntos diferentes de la siguiente manera:

- 1) Temperatura antes de la trampa: esta temperatura mide en la tubería, antes de que se conecte a la trampa, con el fin de medir la temperatura en este punto. En este punto, la temperatura debe ser igual a la temperatura de saturación del vapor a la que trabaja el equipo.

- 2) Temperatura en el cuerpo de la trampa: en el cuerpo de la trampa, la temperatura medida deberá ser aproximadamente igual a la temperatura de vapor saturado.

- 3) Temperatura de descarga de la trampa: en la tubería de descarga de la trampa de vapor, lo que se tiene es únicamente condensado y por lo tanto, la temperatura deberá tener una variación importante con respecto a la temperatura de saturación a la presión de vapor, a la cual funciona el equipo.

De acuerdo con el análisis de las temperaturas anteriores, se puede determinar el estado de funcionamiento de la trampa, que puede ser el diagnóstico de fallando cerrada o abierta, o bien de buen estado de funcionamiento.

En una trampa en funcionamiento, si la diferencia de temperatura entre la entrada y la salida es muy ajustada o igual, existen posibilidades de que esta se encuentre fugando vapor. Por el contrario, cuando el diferencial de temperatura es amplio, el diagnóstico tiende a ser de buen funcionamiento.

A continuación se describe cada uno de los diagnósticos, que pueden ser entregados en la revisión de trampas:

1. Trampa fallando cerrada

El uso del sensor de temperatura es determinante en el diagnóstico de una trampa fallando cerrada. Tan solo se requiere que la trampa este en funcionamiento y obtener su temperatura de superficie. Si la temperatura es muy baja, igual al ambiente la trampa estará completamente bloqueada.

Normalmente, las temperaturas de superficie de las trampas sobrepasan los 100°C, según el elemento termostático que tengan instalado o el ajuste que se les haya reseteado.

Generalmente, en las trampas termodinámicas (disco), flotador y balde invertido una temperatura inferior a 90°C representa un anegamiento parcial de la trampa que puede ser provocado por suciedad o daños de los interiores.

Este tipo de diagnóstico se acompaña con una recomendación de mantenimiento que involucra limpieza de los interiores de la trampa. Accesorios y tubería de drenaje.

Las trampas fallando cerradas retienen el condensado parcial o totalmente. Este anegamiento es crítico, tanto en equipos de intercambio de calor como en tuberías de distribución. En los equipos de intercambio, la retención del condensado afecta el rendimiento de la unidad retardando los tiempos de calentamiento, debido a que no es lo mismo calentar el vapor, que dañado de equipos y empaquetaduras por golpe de ariete, etc. En las tuberías de trampa bloqueada permite el arrastre de agua a los equipos de intercambio, que convierte el vapor en un medio ineficiente y peligroso para equipos y tuberías, por los riesgos de erosión y golpes de ariete.

Para un programa de mantenimiento correctivo, una trampa bloqueada es tan importante como una trampa con fuga de vapor. El hecho de que una trampa bloqueada no desperdicie vapor, no justifica la postergación de su mantenimiento. La prioridad de corrección debe hacerse más bien por equipo, sección o área, que por la clasificación del diagnóstico.

2. Trampa fallando abierta

Se clasifican fallando abiertas o con fugas las trampas, que permitan el paso de vapor vivo al sistema de retorno de la atmósfera. Las temperaturas altas y muy similares entre la entrada y salida dan indicios de una fallando abierta.

Las trampas generalmente fallan abiertas por la presencia de suciedad en los orificios de descarga, que no permiten hacer un buen sello. Sin embargo, existen purgadores instalados hace un buen tiempo, que tienen un mínimo de mantenimiento que fallan por desgaste en sus partes internas.

Aún trampas recién instaladas, pueden fallar si estas han sido mal dimensionadas y seleccionadas. Otra causa de falla abierta en las trampas se debe a una mala instalación.

Los sentidos de flujo y las flechas que indican la posición a tierra (sobre todo en trampas flotador) requieren ser evaluados, antes de proceder al montaje de la trampa.

Las pérdidas de vapor, a través de las trampas, representan grandes desperdicios de energía. En muchas instalaciones, las perdidas de vapor llegan a cabezales colectores de condensado, que son presurizados y limitan el funcionamiento de otras trampas que descargan al mismo cabezal

3. Trampas fuera de servicio

Dentro de este grupo, se clasifican las trampas que en el momento de la inspección no se encontraban en funcionamiento, debido a que el equipo calefactor o línea de vapor no estaba operando.

Durante la inspección de las trampas, es muy frecuente encontrar equipos fuera de operación por motivos mismos del proceso o por mantenimiento que impiden realizar las pruebas de diagnóstico. Lo ideal de una inspección de trampas es abarcar el mayor número, para poder establecer un resultado global de las condiciones de los purgadores.

4. Trampas en buen estado

Como su nombre lo indica, este grupo clasifica a las trampas en buen estado, con los diferenciales de temperatura, de acuerdo con presiones de operación y con los ciclos de descarga dentro de los rangos estipulados para cada tipo de trampa.

Un hecho importante que hay que mencionar es que no se recomienda la instalación de by-pass, a través de las trampas de vapor, a menos que sean equipos que no pueden ser parados para la reparación de la trampa.

Esto se debe a que mediante la válvula de by-pass no se puede tener un adecuado control de la cantidad de condensado que sale, el cual puede producir escape de vapor, en el caso de haber demasiada apertura del serpentín en el caso de no abrir la válvula oportunamente. Como se explicó anteriormente, ambos casos resultan perjudiciales para el ahorro energético y eficiencia de los equipos.

De las 61 trampas instaladas en el sistema de distribución de vapor, la mayoría se encuentra operando continuamente, también se registraron las lecturas presentada en el anexo, en la siguiente tabla se da a conocer en el estado que se encuentran la trampa de vapor, fallando abierta, cerrada o si está fuera de servicio.

Como se mencionó anteriormente, de las 61 trampas instaladas actualmente, 39 trampas se encuentran operando continuamente (se les pudo efectuar la medición), las demás se encuentran fuera de servicio, por maquinas paradas por falta de producción.

Hay otras trampas que no funcionan debido a que se encuentran dañadas o bien las líneas a las que pertenecen.

A continuación en la tabla IX, se resume el diagnóstico de las trampas que se pudieron medir.

Tabla IX Diagnóstico de trampas de vapor

Núm.Trampa	Equipo	Diagnostico
1	Manifold	Buen estado
2	Manifold	Fallando abierta
3	Trampa de línea máquina combi	Fallando cerrada
4	Trampa de horno máquina combi	Buen estado
5	Compactadora máquina combi	Buen estado
6	Compactadora máquina combi	Buen estado
7	Compactadora máquina combi	Buen estado
8	Final de línea compactadora Máquina combi	Fallando abierta
9	Final de línea de vapor directo de secadora combi	Buen estado
10	Final de línea de vapor máquina termofijadora	Buen estado
11	Final de línea de vapor compactadora ferraro	Fallando cerrada
12	Pierna colectora máquina Compactadora ferraro	Fallando cerrada
13	Máquina compactadora ferraro	Buen estado
14	Máquina compactadora ferraro	Buen estado
15	Máquina compactadora ferraro	Buen estado
16	Final de línea máquina compactadora santex	Fallando cerrada
22	Final de línea secadora	Buen estado
32	Final de línea máquina Saturno 3	Buen estado
35	Final de línea máquina saturno 4	Fallando cerrada
40	Final de línea máquina Aquarius	Buen estado
43	Pre calentador máquina Caldera 400 Hp	Buen estado
44	Pre calentador máquina Caldera 400 Hp	Buen estado

Continuación

Núm. Trampa	Equipo	Diagnostico
45	Trampa final de línea aérea Tintorería	Fallando cerrada
46	Campo 1 Máquina Secadora Tubular	Buen estado
47	Campo 1 Máquina Secadora Tubular	Buen estado
48	Campo 1 Máquina Secadora Tubular	Buen estado
49	Campo 1 Máquina Secadora Tubular	Buen estado
50	Campo 2 Máquina Secadora Tubular	Buen estado
51	Campo 2 Máquina Secadora Tubular	Buen estado
52	Campo 2 Máquina Secadora Tubular	Buen estado
53	Campo 2 Máquina Secadora Tubular	Fallando cerrada
54	Campo 3 Máquina Secadora Tubular	Buen estado
55	Campo 3 Máquina Secadora Tubular	Buen estado
56	Campo 3 Máquina Secadora Tubular	Buen estado
57	Campo 3 Máquina Secadora Tubular	Buen estado
58	Campo 4 Máquina Secadora Tubular	Buen estado
59	Campo 4 Máquina Secadora Tubular	Buen estado
60	Campo 4 Máquina Secadora Tubular	Buen estado
61	Campo 4 Máquina Secadora Tubular	Buen estado

La distribución de vapor actual no cuenta con ningún tipo de mantenimiento, por tal motivo el deterioro es evidente, así como también se observa que los filtros no son limpiados, by-pass abiertos, cheques de retención en malas condiciones, por lo cual no permite el adecuado funcionamiento de las trampas de vapor.

La mayoría de las trampas ya excedieron su vida útil (5 a 6 años), lo anteriormente mencionado es un problema muy grave, ya que se tiene que producir mayor vapor para calentar los equipos lo cual eleva los costos de producción.

La inadecuada instalación de trampas en puntos que no son necesarios o la mala selección de la trampa, acortan considerablemente la vida útil de las trampas.

3.1.1 Costo por reposición

Las trampas a continuación mencionadas en la tabla X se encontraron con fuga permanente, fuga en cuerpo de las trampas o no accionan por tener un orificio no adecuado para la presión de operación, las cuales es necesario cambiarlas.

Tabla X Trampas en mal estado

Item	Número	Operación	Acción a tomar
1	2	Fallando Abierta	Cambiar por trampa Armstrong 811 1"
2	3	Fallando Cerrada	Cambiar por trampa Armstrong 811 ½"
3	8	Fallando Abierta	Cambiar por trampa Armstrong 811 ¾"
4	11	Fallando Cerrada	Cambiar por trampa Armstrong 811 ¾"
5	12	Fallando Cerrada	Cambiar por trampa Armstrong 811 ¾"
6	16	Fallando Cerrada	Cambiar por trampa Armstrong 811 ¾"
7	35	Fallando Cerrada	Cambiar por trampa Armstrong 811 ¾"
8	53	Fallando Cerrada	Cambiar por trampa Armstrong 812 ¾"

En la tabla XI se dan las especificaciones técnicas, ya que de esto depende la vida útil del equipo es muy importante tener en cuenta cuando se va a comprar una trampa, la presión de entrada y de salida del sistema el flujo de descarga que se requiere así como el diámetro de la tubería. En la tabla se puede observar el precio de las trampas requeridas para tener una idea del costo de inversión necesario para realizar la recomendación del cambio de este equipo. Se utilizó de referencia para las trampas de vapor la marca Armstrong ya que el sistema en su totalidad son de marca Armstrong, pero esto no quiere decir que es la única que provee trampas ya que se puede encontrar un sin fin de marcas que proveen este equipo.

Tabla XI Especificaciones técnicas para cambiar trampas de vapor en mal estado

Cantidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total
1	Trampa de vapor de cubeta invertida marca Armstrong modelo 800. Conexiones roscadas de ½" NPT para una máxima presión de 150 Psi. Capacidad de descargar un flujo máximo de 650 Lb/Hr de condensado a 125psi.	Q 775.00	Q775.00
5	Trampa de vapor de cubeta invertida marca Armstrong modelo 800. Conexiones roscadas de ¾" NPT para una máxima presión de 150 Psi. Capacidad de descargar un flujo máximo de 650 Lb/Hr de condensado a 125psi.	Q 775.00	Q3875.00
1	Trampa de vapor de cubeta invertida marca Armstrong modelo 800. Conexiones roscadas de 1" NPT para una máxima presión de 250 Psi. Capacidad de descargar un flujo máximo de 950 Lb/Hr de condensado a 125psi.	Q 1,150.00	Q1,150.00
1	Trampa de vapor de cubeta invertida marca Armstrong modelo 811 cuerpo de acero inoxidable. Conexiones roscadas de ¾" NPT para una máxima presión de 150 Psi. Capacidad de descargar un flujo máximo de 650 Lb/Hr de condensado a 125psi.	Q 1,550.00	Q1,550.00
		TOTAL	Q7,350.00

Las trampas con fugas permanentes son las más significativas a la hora de cuantificar las pérdidas. Por esta razón realizaremos el cálculo de cuanto dinero se está perdiendo en la empresa ROSAZU por año por no contar con un control de las trampas de vapor.

La tabla número X usaremos como referencia para calcular las pérdidas de energía en dos trampas que tienen fuga permanente una es la trampa N. 3 y la otra es la trampa N. 8

- **Trampa TD de 1/2" tiene un orificio de 1/8"**

Costo del vapor: \$ 14.02 / 1000 Lbs.

Presión: 100psig.

Pérdida de vapor descargando a la atmósfera: 52.8Lb/Hr.

Operación anual: 8760hrs.

Pérdida de vapor por año: 52.8Lb/Hr. * 8760 Hr/año = 462,528 Lbs. vapor

Costo de vapor perdido: 462,528 Lbs. Vapor * \$ 14.02 / 1000 Lbs. = \$ 6,484

- **Trampa TD de 3/4" tiene un orificio de 1/16"**

Costo del vapor: \$ 14.02 / 1000 Lbs.

Presión: 100psig.

Pérdida de vapor descargando a la atmósfera: 13.2Lb/Hr.

Operación anual: 8760hrs.

Pérdida de vapor por año: 13.2Lb/Hr. * 8760 Hr/año = 115,632 Lbs. vapor

Costo de vapor perdido: 115,632 Lbs. Vapor * \$ 14.02 / 1000 Lbs. = \$ 1,621

3.1.2 Estimación del ahorro que se obtendrá

La estimación de ahorro que se obtendrá al cambiar las trampas será de \$ 8,105 por año, lo que equivale a Q63,219 quetzales por año al hacer comparación con la inversión hay una justificación con bases sólidas para realizar los cambios sugeridos en esta fase, ya que al realizar los cambios y se lograra la implementación de un mantenimiento preventivo las trampas puede tener una vida útil mas prolongada y el sistema de vapor de la empresa aumentara su eficiencia y el ahorro de energía lo cual se vera reflejado en ahorro de dinero

3.2 Material aislante en las tuberías

3.2.1 Cálculo del Material Aislante en Tuberías

El material aislante necesario para eliminar las pérdidas de energía por tuberías desnudas se menciona en la siguiente tabla.

Tabla XII Material aislante requerido

Diámetro de tubería (")	Cantidad (Mts.)
1/2	19
1 1/2	28
3/4	93
1	18
2	57
2 1/2	8
4	15
8	17

Estimación del ahorro que se obtendrá.

Al colocar un aislamiento no importa la marca la eficiencia que se obtendrá será de 90% aproximadamente. En el capítulo 2 inciso 8.1 se estimó el costo de pérdida de calor de las tuberías de diferentes medidas que se utilizan para la transportación de vapor y las cuales están desnudas esto quiero decir que no cuentan con un material aislante para tratar de reducir las pérdidas de calor en el sistema de distribución de vapor. Con el costo por pérdidas en tuberías desnudas podemos tener una idea de la cantidad de dinero que se está perdiendo anualmente. Con lo cual se quiere demostrar la importancia de la compra de este material para reducir las pérdidas de calor en las tuberías. Esta inversión no se tiene que ver como un costo sino como una medida correctiva, ya que al comprar dicho material no se tiene que hacer ninguna otra inversión por muchos años.

A continuación se mostrara el costo anual por tener una tubería desnuda

Tubería de 1/2 pulgada	1,231.2 quetzales al año.
Tubería de 1 1/2 pulgadas	6,156.6 quetzales al año.
Tubería de 3/4 pulgada	12,312 quetzales al año
Tubería de 1 pulgada	2,462.4 quetzales al año.
Tubería de 2 pulgadas	18,468 quetzales al año
Tubería de 2 1/2 pulgadas	2,462.4 quetzales al año.
Tubería de 4 pulgadas	8,607 quetzales al año.
Tubería de 8 pulgadas	20,930.4 quetzales al año.
COSTO TOTAL	72,630 quetzales al año

La estimación del ahorro al instalar el material aislante trabajando a un 90% de eficiencia será de **65,367 quetzales al año**.

3.3 Implementación de mantenimiento preventivo en la distribución de vapor

3.3.1 Control de trampas de vapor

Crear un control de trampas de vapor es de suma importancia ya que al contar con un programa de mantenimiento preventivo para las trampas de vapor se puede garantizar el óptimo funcionamiento de este equipo y a la vez las pérdidas de energía por fugas o por mal funcionamiento del las trampas. A continuación se presenta una ficha técnica para el control de la revisión de las trampas de vapor.

3.3.2 Control de fugas en las tuberías

La implementación de un control de fugas es muy importante ya que si no se cuenta con una rutina para inspeccionar todas las líneas de vapor como de condensado, pueden haber fugas en las tuberías. Al tener fugas en las tuberías no solo es pérdida de energía si no también una condición insegura para el personal que labora en es área. Al tener una fuga de un diámetro determinado en las líneas de vapor o condensado y no se repara lo ante posible, puede convertirse en agujero de mayores dimensiones rápidamente por el desgaste del metal en ciertos casos esto puede ocasionar un accidente. Como por ejemplo quemaduras de segundo o tercer grado.

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y SOPORTE
SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR
FORMATO DE FUGAS

Fecha: _____

Realizado por: _____

Revisado por: _____

VARIABLES	1a. Línea	2a. Línea	3a. Línea	4a. Línea
MÁQUINA	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Diámetro de la tubería (")	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Accesorio a reparar	<input type="text" value="CODO"/>	<input type="text" value="TRAMPA"/>	<input type="text" value="TEE"/>	<input type="text" value="OTROS"/>
Diámetro del orificio de la fuga (mm)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Temperatura del vapor (°C)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Responsable	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

3.3.3 Control de pH en el condensado

El nivel de pH en las tuberías de condensado es de vital importancia para el control del CO_2 en las tuberías, en las tuberías de condensado que cuentan con un programa de tratamiento químico el pH se debe mantener entre **9 y 10** para garantizar la protección a las tuberías, En el sistema actual de vapor no se cuenta con un programa de control de pH es por tal motivo que a continuación se presenta una ficha técnica para el control de pH.

	FECHA	FECHA	FECHA
MÁQUINAS			
CALDERA 800			
CALDERA 400			
MANIFULL			
COMBI			
FERRARO			
SECADORA TUBULAR			
TERMOFIJADORA			
TANQUES DE BUNKER			
AQUARIUS			
SATURNO 1			
SATURNO 2			
SATURNO 3			
SATURNO 4			
SATURNO 5			
MCS 1200			
MCS 800			
CAMEL 1			
CAMEL 2			
TANQUE DE CONDENSADO			
LÍNEA PRINCIPAL COMBI			
LÍNEA PRINCIPAL SECADORA			
LÍNEA PRINCIPAL TINTORERIA			

3.3.4 Control de CO₂ en condensado

El dióxido de carbono, también denominado óxido de carbono (IV) y anhídrido carbónico, es un gas cuyas moléculas están compuestas por dos átomos de oxígeno y uno de carbono. Su fórmula química es CO₂.

Con referencia en las tuberías vapor y condensado cuando el vapor flash se queda estancado por un tiempo indefinido el resto de la tubería se llena de oxígeno y se produce el fenómeno de pitting que no es más que un ataque al metal causándole daños irreparables ya que pueda causarle agujeros de múltiples tamaños.

Para controlar este fenómeno se necesita la ayuda de los inhibidores de corrosión, cuando estos inhibidores se presentan en la cantidad suficiente, proporcionará protección contra el pitting. Sin embargo.

El tratamiento químico para las calderas en la empresa ROSAZU cuenta con inhibidores de corrosión, W-2350 (amina) es un producto líquido, especialmente diseñado para prevenir la corrosión producida por el dióxido de carbono en las tuberías de vapor y condensado. Para mayor información de este producto se puede revisar en el capítulo 2. Inciso 5.7.3.

Para controlar el CO_2 tanto en la caldera, como en las tuberías de vapor como en las de condensado, se puede utilizar como referencia el pH. En la siguiente tabla se da a conocer el pH ideal que se debe tener en el sistema para garantizar una adecuada protección no solo a las tuberías y sus respectivos accesorios sino a la maquinaria que utiliza vapor para su funcionamiento como los son intercambiadores de calor, válvulas modulantes etc., Al hacer la medición en cualquier punto de condensado y si la muestra posee un Ph debajo de 9, podemos llegar a la conclusión que el producto w-2350 no esta llegando a ese punto, que la dosis no sea la adecuado, o el tipo de amina no es el adecuado.

3.3.5 Control diario de calderas

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y SOPORTE

CONTROL DIARIO DE CALDERAS

FECHA.....							
Encargado:	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
Tanque de químicos (agua) cm.							
Caldera en uso							
Temperatura solenoides Bunker							
Presión de vapor arranque							
Paro							
Temperatura de combustible							
Temperatura de gases de chimenea							
Presión aire atomización							
Temperatura combustible quemador							
Presión combustible quemador							
Presión retorno de combustible							
Presión bunker en Precalentador							
Presión de vapor en el Precalentador							
Presión de entrega gas propano							
Con caldera encendida							
Con caldera apagada							
Revisión de pospurga							
Revisión de McDonald Miller							
Nivel de agua tanques de condensado							
Temperatura tanques de condensado							
Bomba trabajando							
Análisis de sólidos totales (1500 a 2,00)							
PH (1 0.5a 11.5)							
Purga realizada (sí o no)							
Nivel de aceite de compresor de CB 800							

3.3.6 Control de consumos de agua

El control de agua de la caldera es muy importante ya que al compararlo con el consumo bunker se puede calcular la eficiencia de la caldera.

Mes _____ operador _____

DÍA	Consumo de agua M ³ .	Consumo de agua Gls.
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

Continuación

DÍA	Consumo de agua M³.	Consumo de agua Gls.
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		
31		

3.3.7 Parámetros fisicoquímicos de las calderas

El análisis químico dentro de la caldera es de suma importante ya que con este se establece la eficiencia de la caldera, los sólidos disueltos en el agua de alimentación para establecer la cantidad de purga, Ph, entre otros.

Para realizar una análisis químico de los parámetros a la caldera se necesita la capacitación de los calderistas ya que esto no cuenta con las bases sólidas en conocimientos químicos para realizar dicho análisis, es por ello que se hablo con el gerente del departamento de Mantenimiento y el encargado de las calderas por la empresa Alkemy para realizar un programa de capacitación al los calderistas con el objetivo de enseñar lo básico para realizar una análisis químico. Los pasos de la capacitación se darán a conocer en él capitulo 5. A continuación se creo una ficha técnica con los parámetros principales que se deben medir a una caldera piró tubular para que su funcionamiento sea él optimo.

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y SOPORTE
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE LA CALDERA

Fecha: _____

Realizado por: _____

Revisado por: _____

PARAMETROS	Alimentación	400 Hp	800 Hp	Estándares
Alcalinidad Parcial (como CaCO ₃)				300 - 700
Alcalinidad Total (como CaCO ₃)				400 - 900
Alcalinidad OH (como CaCO ₃)				200 - 800
Total de Sólidos Disueltos				Máx. 2500
Cloruros (como Cl)				Máx. 200
Dureza Total (como CaCO ₃)				0
pH				10.5 - 11.5
Sílice (como SiO ₂)				0.54
Hierro (como Fe total)				0
Sulfito (como SO ₃)				20 - 40
Fosfato (como PO ₄)				30 - 60
Fosfonato				04 - 12.
Aminas				
Quelante				
Ciclos de Concentración				

Producto	Dosis	Frecuencia de Aplicación
W - 2103	3.5 L	BATCH SEMANAL
W - 2145	7 L	
W - 2250	7 lb	
W - 2325	8.75 L	

3.4 Mejoras al tratamiento Químico de las calderas

3.4.1 Tratamiento interno

Protección Química: Es necesaria la estabilización de los residuales de productos químicos dentro de rangos aceptables. Esto es necesario para garantizar efectivamente la adecuada protección de los equipos ante los procesos incrustantes y corrosivos. Además es necesario garantizar el tratamiento con aminas cumpla su función de mantener las tuberías de vapor y condensado libre de corrosión

Estabilización de los parámetros internos de la caldera: es muy importante mantener los parámetros fisicoquímicos de la caldera dentro de los rangos sugeridos, para así poder evitar problemas corrosivos en el equipo. Es necesario controlar el excesivo nivel de cloruros que se está manejando actualmente en la caldera y para esto es importante atacar el problema de raíz.

Frecuencia de Visitas: Es necesario darle seguimiento a los problemas que pudieran darse en la operación de calderas, para lo cual es importante mantener una frecuencia de visitas adecuadas para mantener los equipos bajo control y alargarles la vida útil. A la vez es importante que la asesoría brindada busque solucionar los problemas actuales y proponer mejorar para el óptimo funcionamiento de los equipos.

3.4.2 Tratamiento externo

El tratamiento de agua dura que se realiza actualmente en la empresa ROSAZU esta trabajando eficientemente, la única recomendación es monitorear la vida útil de la resina de los 3 suavizadores ya que la vida útil de la resina es de aproximadamente 5 años, una practica recomendada es limpiar la resina cada año, para realizar esta limpieza se tiene que descargar la resina del tanque y limpiarla y dejarla secar por unas 3 horas para prolongar la vida útil de la misma y el intercambio iónico que se realiza a la hora de atrapar la dureza se realicé de una manera optima y no alargar los ciclos de regeneración o tener que realizar mas ciclos de los necesarios por desgaste o suciedad en los granos de resina y así aumentar los costos tanto en la sal como en el agua desperdiciada para realizar los retrolavados.

3.4.3 Condensado

El porcentaje de retorno de condensado que se tiene es bajo: Se puede observar cierta cantidad de hierro en el condensado, lo cual nos da muestra de que la tubería sé esta oxidando debido al ácido carbónico que se forma en la misma, por la descomposición de los carbonatos que forman CO₂ y al mezclarse con el agua forma él ácido carbónico.

El condensado es conveniente aprovecharlo al máximo para obtener un agua de alimentación de mayor pureza natural y con alto contenido energético que favorezca la evaporación y disminuya el consumo de combustible.

3.4.4 Combustión

Del último análisis realizado a la caldera CB 800 se pudo determinar que la caldera está trabajando con una alta eficiencia de combustión (84.4%) y que se tiene un alto porcentaje de aire en exceso de (95.5), el cual si bien mantiene una alta eficiencia de combustión, disminuye la eficiencia térmica. Se encontraron 7 partes por millón de monóxido de carbono, el cual es contaminante para el medio ambiente.

3.4.5 Suavizadores

Actualmente, los suavizadores se encuentran en buenas condiciones, impidiendo el paso de dureza a las calderas.

Estandarización del programa de regeneración de suavizadores:

Se propone realizar un análisis de la resina de intercambio iónico que se está utilizando en los suavizadores, para determinar si se encuentra en buenas condiciones. Seguido a esto, con los requerimientos de agua suave que se tiene y el volumen y capacidad de intercambio de la resina, se determina el tiempo necesario para llevar a cabo la regeneración de los mismos.

Asimismo se estandarizarían los tiempos de enjuague para garantizar una adecuada regeneración.

3.4.6 Agua de alimentación

El bajo % de retorno de condensado, no contribuye a tener un agua de alimentación con buenas condiciones características para uso dentro de la caldera. Por esto se propone recuperar la mayor cantidad posible de condensado.

3.4.7 Instalación de purga automática

La instalación de una purga automática en las dos calderas de la empresa ROSAZU, es una automatización necesaria para reducir las purgas. Ya que una purga en exceso desperdicia agua, químicos y energía, y esto es lo que sucede actualmente en las calderas, cuando los operados le realizan las purgas a las calderas. El método actualmente utilizado por los operados es realizar purgas de fondo en un tiempo máximo de 20 segundos, este método no es recomendado ya que no se tiene el control exacto para mantener los sólidos disueltos en los parámetros requeridos, si no muchas veces se purga en exceso y sucede lo anteriormente mencionado.

Al producir vapor este está libre de impurezas y la concentración de sólidos disueltos en el agua de la caldera se eleva a menos que se purgue. Los TDS (total de sólidos disueltos) en la caldera debe controlarse con precisión. Un nivel alto de TDS puede producir arrastres del agua e impurezas de la caldera con el resultado de problemas en la producción y la planta. Un nivel bajo de TDS es debido a una purga excesiva con el consiguiente gasto en combustible y químicos para el tratamiento del agua.

A medida que el agua se evapora en las calderas, los sólidos se concentran. Los sólidos disueltos forman lodos o sedimentos en la caldera, degradando la transferencia de calor. Los sólidos disueltos facilitan la expumación y el arrastre de agua.

Las purgas típicamente se encuentran entre un 4% o 8% del agua de alimentación, pero puede llegar al 10% cuando el agua de reposición tengan contenidos altos de sólidos disueltos.

Los controles automáticos aseguran el nivel de purgas correcto evitando depender de un control manual y el más importante al tener un control automático es el ahorro, 2% de la reducción de la purga equivale a 0.25% de ahorro en combustible.

Algo Muy importante a tomar en cuenta a la hora de instalar una purga automática es que el operador de la caldera no tendrá que realizar ningún trabajo mecánico para purgar únicamente programa los valores en que se deseen mantener los niveles de sólidos disueltos.

Para la ejecución de esta automatización la inversión monetaria es mínima, ya que la mayoría del equipo lo puede brindar la empresa Alkemy que es la que brinda el tratamiento químico, la inversión sería en tubería y accesorios.

A continuación se dará a conocer la descripción del equipo que se puede utilizar para la instalación de la purga automática, diagrama de instalación, así como el material necesario con su respectivo precio para llevar a cabo la instalación del mismo.

El controlador de purga que se recomienda es un Pulsatrol MBC 200, el cual tiene las siguientes características:

El MBC 200 está diseñado para monitorear y controlar el total de sólidos disueltos dentro del el agua de una caldera, el controlador permite al usuario escoger el método de la muestra, o continuar con el método original así como el tiempo original de purga.

El MBC 200 también incluye alto / bajo conductividad, alarma indicador, cuando los parámetros se encuentran en los límites permisibles.

Datos técnicos:

MBC 200 SERIES

INPUT	Voltaje: 90-250	Amperaje: 12	Hz.: 50/6
OUTPUT	Voltaje: 90-250	Amperaje: 5	Hz.: Inductivo

Para instalar el controlador de purga en el siguiente cuadro se muestra el material necesario así como el costo de inversión necesario para esta automatización:

Material requerido:

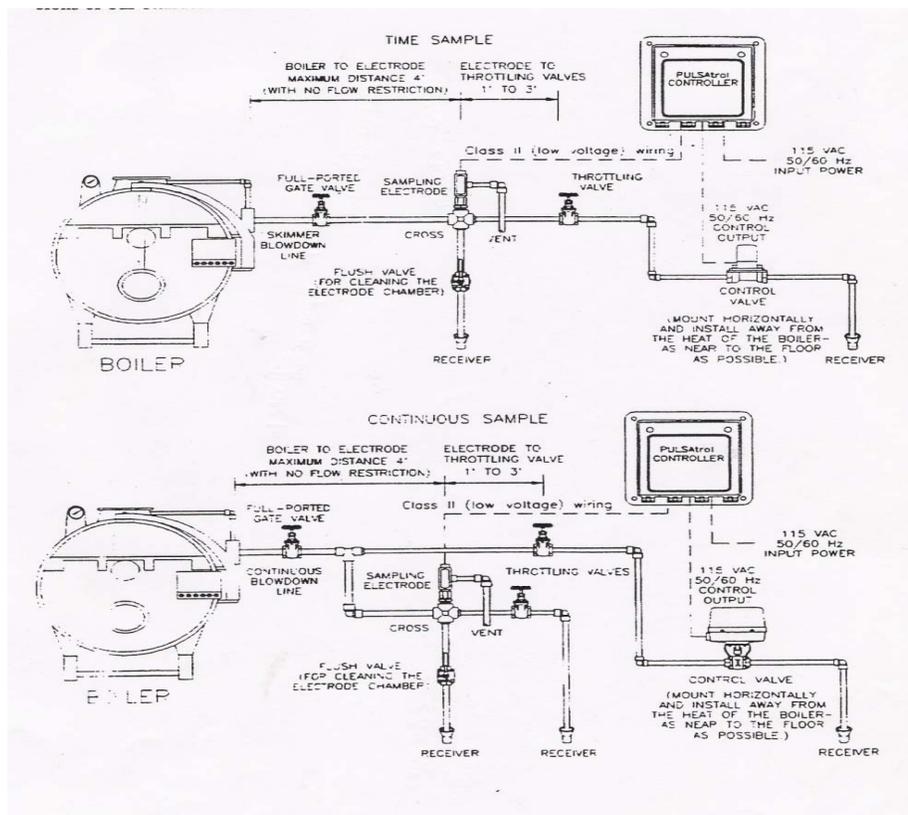
Válvula solenoide, electrodo y el controlador MBC serie 200 esto no tendría ningún costo, ya que lo proporcionaría la empresa encargada del tratamiento químico a las calderas así como su respectiva instalación y capacitación al personal de las calderas para el manejo de mismo.

Tabla XII Material requerido para instalación de purga automática

Descripción	Cantidad	Precio unitario	Total
Tubo Hn cedula 40 de 1/2" x 6mts.	6	151.78	910.68
Llaves de compuerta Hn de 1/2" para 150psi.	10	381.25	3,812.50
Unión universal Hn de 1/2"	15	12.9	193.5
Tee Hn de 1/2"	20	4.73	94.6
Niple Hn de 1/2" x 3"	35	14.21	497.35
Codo a 90 de 1/2"	25	3.5	87.5
Cruz Hn de 1/2"	5	33.15	165.75
Filtro para vapor Hn de 1/2" para 150psi.	2	145.36	290.72
Teflón en cinta de 1/2"	20	2.23	44.6
Pegamento para tubería (marca permattex negro)	6	38.61	231.66
		TOTAL	6328.86

En conclusión, el costo de inversión es bajo si se mira del punto de vista de los múltiples beneficios que se obtendrá, el más importante el ahorro de energía, el cual se verá reflejado en el ahorro de combustible, así como un mejor manejo de los recursos renovables de la empresa y un control mas preciso para los encargados de las calderas tanto en el ámbito operativo como a nivel gerencial. En la figura se presenta el diagrama de instalación de una purga automática a una caldera piró tubular, que ente caso le correspondería a la empresa realizarlo ya que la otra parte de la conexión eléctrica la realizaría la empresa mencionada.

Figura 7 Instalación de purga automática en una caldera



Fuente: www.pulsatrol.com

4. IMPLEMENTACIÓN DE PROPUESTA DE VAPOR

4.1 Acciones a corto plazo

La acción principal a tomar es el cambio de trampas en mal estado, o por mal funcionamiento, ya que esto incurre directamente en pérdidas de vapor, las cuales se reflejan en el incremento de los costos. Las trampas a continuación mencionadas se encontraron con fuga permanente, fuga en cuerpo de las trampas o no accionan por no tener un orificio no adecuado para la presión de operación, las cuales es necesario cambiarlas, Un problema mas que se puede presentar al tener trampas con problemas de fuga es la presurización de la línea de retorno, lo cual causa que a las otras trampas de operación satisfactoria les sea mas difícil retornar el condensado

4.2. Acciones a mediano plazo

Con anterioridad se hablo de la importancia de la implementación de un programa de mantenimiento preventivo, ya que es la única herramienta que garantiza el buen funcionamiento del equipo y la larga durabilidad del mismo, la propuesta de la implementación del programa de mantenimiento se debe llevar a cabo después del el cambio de las trampas de vapor, basándose en el plan de trabajo que se presento en el capítulo anterior.

Para verificar el buen funcionamiento de las trampas de vapor se recomienda la prueba visual de las trampas, el cual es el mejor método de revisión de trampas de vapor ya que no depende de persona experto para poder realizarlo. Este método consiste en ver operando la trampa a la atmósfera, ya que allí se podrá determinar si la trampa esta descargando vapor o agua, con lo cual se podrá dar un veredicto del funcionamiento de la trampa.

Para poder aplicar el método se necesita que haya una derivación a la salida de la trampa con una válvula hacia la atmósfera y luego cerrando la válvula hacia el retorno de condensado, siempre y cuando exista válvula de cheque a la salida, si no fuera este el caso se hace al revez, se cierra la válvula de retorno de condensados primero y luego se abre la válvula a la atmósfera.

Es importante además que se sepa que los condensados provenientes de una presión mayor que a la atmosférica descargados hacia la atmósfera misma, tendrán a producir vapor flash, el cual es a menudo confundido como fuga de vapor. La diferencia esta en la velocidad que este tiene, ya que es mucho menor a la velocidad de un vapor vivo a la presión de la cual se esta descargando.

Otra práctica muy aconsejable en los sistemas de vapor es instalar manómetros en las líneas de retorno de condensados aéreas, debido a que cualquier trampa de vapor de cualquier marca opera con el concepto de presión diferencial a través de ella. Esto quiere decir que la presión de entrada se resta de la presión de salida, y esa es la presión de diseño que se usa para los orificios internos de descarga. Cuando existen sistemas de retorno cerrados presurizados, es importante conocer la presión de la línea de retorno para determinar si la presión de vapor de entrada de los equipos será capaz de vencer la contrapresión del sistema de retorno de condensados.

La instalación de los manómetros se pueden hacer en las líneas principales de retorno de condensado y a que con esto se tendrá la presión de la línea general de retorno de condensados a la cual habrá que sumarle la cabeza generada de columna de agua para cada trampa individual y esa será la presión que tendrá que vencer la trampa.

4.3. Acciones a largo plazo

Se debe implementar un sistema de limpieza en el área de calderas para evitar cualquier tipo de accidente ya que actualmente se encuentra dicha área muy descuidada y desordenada ya que se pudo encontrar en esta área envases de vidrio, recipientes de comida, fugas de bunker, tarimas tela, así como exceso de hollín en el piso esto se pudo observar mediante inspecciones visuales.

La limpieza al área de calderas se recomienda cada 8 días como máximo para mantener el área libre y limpia para evitar cualquier percance, dicha actividad la puede realizar los operadores de la caldera, con esta rutina se genera un hábito de limpieza dentro de los calderistas.

Las personas encargadas de tomar las muestras del agua de las calderas deben usar el equipo de seguridad necesario para este trabajo para evitar accidentes, actualmente las personas encargadas de las muestras no utilizan ningún equipo de seguridad,

El equipo que se recomienda para este trabajo es el siguiente:

- Guantes de neopreno
- Lentes
- Mascarilla

Otra acción que se debe tomar en cuenta para ahorrar energía es la reducción de la purga de la caldera.

Al reducir la cantidad de agua que se purga diariamente en la caldera, se puede reducir las pérdidas sustanciales de energía, y al mismo tiempo se estará reduciendo el costo de agua de repuesto y su tratamiento químico respectivo.

Esto se puede realizar colocando el sistema de purga automática a la caldera. Para mayor detalles se hizo el respectivo análisis en el capítulo 3 inciso 4.7.

4.4 Modificaciones a las líneas de vapor

4.4.1 Área de tintorería

Instalar trampa de línea en la purga de filtro antes de la válvula de control en la maquina Mcs 1200 para evitar que el condensado arruine la válvula; Además que se logre un calentamiento más rápido, ya que al entrar condensado frío, retardara el calentamiento instantáneo necesario en este tipo de procesos.

Es una práctica muy común instalar trampas de vapor en la conexión de purga del filtro antes de válvulas reguladoras de presión de válvulas de control. La trampa cumple aquí dos funciones 1) evacuar los condensados de las líneas de vapor y proteger la válvula y; 2) purgar continuamente el filtro de suciedad acumulada

Instalar una pierna colectora en la línea principal de tintorería, ya que esta línea tiene 20mt de largo, y no cuenta con una pierna de goteo para que el condensado sea retirado por medio de trampa de vapor, lo que actualmente esta ocurriendo es que como no se cuenta con una pierna de goteo y una trampa de vapor el condensado acumulado en la línea principal de tintorería, ese condensado se esta introduciendo a los intercambiadores de las maquinas y con ello se esta retrasando los tiempos de calentamiento por estar trabajando con vapor húmedo y no seco.

La pierna colectora requerida debe tener 6" de diámetro para permitir que el condensado llegue al atrampa de vapor. Como regla se recomienda que para tuberías de 6" (como es este caso) la pierna colectora debe ser por lo menos del mismo diámetro que la tubería principal.

En el caso de instalar una pierna de goteo muy pequeña, se producirá por la velocidad del vapor un efecto llamado "venturi piccolo", que es una caída de presión que succiona el condensado fuera de la pierna y de la trampa.

Eliminar by-pass en el final de línea de la maquina Saturno 3, ya que al revisar la trampa se encontró que estaba fría esto quiere decir que by-pass tiene fuga permanente. El by-pass esta comprobado que es una practica no recomendable en la mayoría de las instalaciones de las trampas de vapor, ya que cuando no se cuenta con un programa de mantenimiento para tuberías, el by-pass es un riesgo de fuga de vapor como es este caso.

4.4.2 Área de Acabados

Instalar trampa de vapor en la línea de máquina Secadora tubular

Instalar una derivación, pierna de goteo en el cambio de nivel de estas dos tuberías ya que consisten puntos de purga así como los finales de línea.

Instalar trampa de vapor en la línea de máquina Combi.

Quitar una trampa termodinámica instalada en la tubería de vapor hacia la Rama Combi ya que allí no hace ningún trabajo alguno y constituye un posible punto de fuga, peor aun así las trampas no está accesible para una revisión constante.

4.5 Compra de un medidor tds

4.5.1 Especificaciones técnicas del medidor

El medidor que se recomienda teniendo en cuenta el conocimiento de los operadores de la caldera que en este caso serian los encargados de este instrumento de medición es el modelo HI991300/HI991301 el cual es medidor de pH/CE/TDS/temperatura. Con las siguientes características.

Fabricante: HANNA INSTRUMENTS

HI 991300 y HI 991301 puede realizar mediciones de pH, conductividad, TDS (sólidos totales disueltos) y temperatura. Son impermeables dotados de microprocesador interno de modernas características para simplificar y acelerar las labores, sobre todo en las mediciones en campo. La sonda HI 1288 (suministrada junto con el equipo) realiza todas las mediciones de pH, CE y TDS sin que sea necesario recalibrar el instrumento y está dotada de sensor de temperatura. Las lecturas de pH, EC y TDS se visualizan en la pantalla junto con la lectura de la temperatura. Además, los símbolos y mensajes señalan el estado del instrumento y guían al usuario en los diferentes procedimientos. El indicador de estabilidad es una garantía de la precisión. En el momento de su encendido, el instrumento indica el nivel de carga de las pilas.

El instrumento se apaga automáticamente gracias al sistema BEPS, cuando el nivel de carga sea bajo y no garantice lecturas correctas. La calibración de pH es automática, con dos juegos de tampones estándar memorizados. Las medidas son automáticamente compensadas en temperatura. (Escala de medición en grados Celsius o Fahrenheit) Para las medidas de CE y TDS, el coeficiente de compensación es seleccionable por el usuario, así como el factor de conversión CE/TDS. Las características programadas por el usuario y los datos de calibración no se pierden cuando se realiza un cambio de pilar.

HI 991300 y HI 991301 han sido diseñado ergonómicamente para ser manejado por una sola mano.

Tabla XIII Descripción técnica de un medidor de TDS

MODELOS	HI 991300	HI 991301
Rango	0.00 a 14.00 pH; 0.0 a 60.0°C ; 0 a 3999 μ S/cm (CE); 0 a 2000 ppm (TDS)	0.00 a 14.00 pH; 0.0 a 60.0°C ; 0 a 20.00 mS/cm (CE); 0 a 10 ppt (TDS)
Resolucion	0.01 pH; 0.1 °C ; 1 uS/cm (CE) 1 ppm (TDS)	0.01 pH; 0.1 °C ; 0.01 mS/cm (CE) 0.01 ppm (TDS)
Precisión (@ 20 °C)	\pm 0.01 pH; \pm 0.5 °C; \pm 2% F.E. (CE/TDS)	
Factor de conversión CE/TDS	Seleccionable de 0,45 a 1,00 con incremento de 0,01	
Calibración de pH	Automática 1 ó 2 puntos con 2 juegos de tampones memorizados (7.01/4.01/10.01 o 4.01/6.86/9.18)	
Calibración CE/TDS	Automática 1 punto a 1382 ppm (conv.=0.5) 1500 ppm (conv.=0.7) 1413 μ S/cm (otros)	Automática 1 punto a 6.44 ppt (conv.=0.5) 9.02 ppt (conv.=0.7) 12880 μ S/cm (otros)
Compensación de temperatura	pH: Automática de 0 a 60°C ; CE/TDS: Automática de 0 a 60°C con β seleccionable entre 0,0a 2,4%/°C con incremento de 0,1%	

Fuente www.hanna.com

4.5.2 Costo de inversión

El costo de inversión es de Q 3,750 aproximadamente basándonos en el modelo anteriormente mencionado esto no quiere decir que no existen mas modelos en el mercado o este sea el mas completo.

4.5.3 Beneficios que se obtendrá

Utilizando medidores de conductividad o sólidos disueltos, es posible obtener con muy buena aproximación, el valor de la dureza del agua, incluso en grados franceses. La dureza del agua está determinada por la concentración de carbonato de calcio (CaCO_3), la que constituye el 90% aproximadamente de los sólidos disueltos en el agua. La unidad de medición de dureza más común es el grado francés (of), definido como:

$$1 \text{ }^\circ\text{f} = 10 \text{ ppm de CaCO}_3$$

Dividiendo por 10 las medidas en ppm obtenidas con un medidor de sólidos disueltos, se obtiene el valor de dureza del agua como se señalaba anteriormente, $1 \text{ ppm} = 2 \text{ } \mu\text{S/cm}$ de conductividad, por lo tanto:

$$1 \text{ }^\circ\text{f} = 20 \text{ } \mu\text{S/cm}$$

Dividiendo por 20 las medidas en $\mu\text{S/cm}$, se obtiene el valor de dureza del agua en grados franceses. Las mediciones de dureza del agua por medio de conductímetro o medidores de TDS deben ser realizadas antes de los tratamientos de descalcificación del agua. De hecho, estos dispositivos sustituyen el calcio (carbonato) con el sodio, disminuyendo el grado de dureza del agua, sin variar las concentraciones de sólidos disueltos.

Conductividad y dureza del agua

Ppm	$\mu\text{S/cm}$	°f	Dureza
0-70	0-140	0-7	muy blanda
70-150	140-300	7-15	Blanda
150-250	300-500	15-25	ligeramente dura
250-320	500-640	25-32	moderadamente dura
320-420	640-840	32-42	Dura
superior a 420	superior a 840	superior 42	muy dura

4.6 Control de purga

El control de la purga en las calderas ayudaran a mantener los parámetros estables y en los valores deseados, es por ello que en la empresa Rosazu se debe tratar de reducir las purgas continuas en ambas calderas.

Al reducir la cantidad de agua que se purga en la caldera, se puede evitar pérdidas sustanciales de energía, ya que la temperatura del líquido purgado es la misma que la del vapor generado en la caldera. Si se disminuye la cantidad de purga, también se reducirá el costo del agua de repuesto y su respectivo tratamiento.

Cuando el agua se evapora en el tambor de vapor de la caldera, se separan los sólidos presentes en el agua de alimentación. Los sólidos en

suspensión forman lodos o sedimentos en la caldera, que degradan la transferencia de calor, mientras que los sólidos disueltos provocan espuma y acarreo de agua con el vapor.

Para reducir el nivel total de sólidos disueltos y suspendidos (TDS) y llevarlos a límites aceptables, periódicamente se tiene que descargar o purgar agua de la caldera.

El purgado desde el fondo (o de lodos) es un procedimiento manual que normalmente se realiza en intervalos de varias horas y que duran unos cuantos segundos. El propósito es eliminar los sólidos suspendidos que se sedimentan y forman lodos muy espesos. Por su parte, las purgas de superficie o de espumas tienen como finalidad desechar los sólidos disueltos que se concentran cerca de la superficie del líquido. Generalmente, ese tipo de purga es un proceso continuo.

Un purgado insuficiente puede provocar arrastres de agua en la corriente de vapor, como también la formación de depósitos. El purgado en exceso provoca desperdicio de energía, agua y productos químicos. La cantidad correcta de purga es determinada por varios factores, incluyendo el tipo de caldera, presión de operación, tratamiento de agua y la calidad del agua de repuesto.

La cantidad de purga va, normalmente del 4% al 8% de la cantidad de agua de repuesto, pero puede ser tan elevada como el 10% cuando esta tiene un alto contenido de sólidos.

4.7 Planificación de mantenimiento preventivo

La duración de una instalación o equipo determinado, esta estrictamente ligada al mantenimiento que a este o esta en su respectivo caso, se le realice, ya que sin ello, inician los problemas o fallas en los equipos o instalaciones a la vez influyendo de gran manera en la operación y funcionamiento de los mismos, hasta dejarlos fuera de servicio.

Todo esto provoca pérdidas en el equipo por el desgaste acelerado del mismo y a la vez por los costos de mantenimiento correctivo, los cuales son altos en la mayoría de casos por ser mantenimiento imprevisto, que no se pueden ejecutar de inmediato porque normalmente no están dentro del presupuesto con las consiguientes paradas prolongadas de equipos sin trabajar.

Haciendo énfasis en los dos párrafos anteriores es posible observar que nunca se debe prescindir de un plan de mantenimiento preventivo, adecuado a las necesidades propias de la empresa,

Es importante contar con un buen instrumento para llevar a cabo el mantenimiento, pero nunca se debe olvidar que el elemento base en toda actividad es el ser humano. Se puede tener un óptimo control de servicio eficiente, pero si la empresa encargada del mantenimiento no tiene personal altamente calificado de muy poco servirán estas herramientas.

4.7.1 Mantenimiento diario

El mantenimiento diario se basa en la caldera y su entorno ya que la caldera es vital en el proceso de teñido y compactado de telas en la empresa Rosazu.

Se debe realizar todos los días a las 6:00 am. El reporte de la caldera, con el objetivo de verificar el funcionamiento de la caldera en funcionamiento si no presenta una falla un ruido a indicios de una falla tanto eléctrica como mecánica para poder corregirla sin mayores complicaciones, para esto se creó una bitácora en el capítulo anterior en el inciso 3.3.5.

Se debe verificar los niveles en los tanques de bunker, el nivel del tanque debe ser de $\frac{3}{4}$ como mínimo.

El nivel del tanque de condensado se debe revisar porque es el que suministra el agua de alimentación, se debe limpiar el visor y chequear la temperatura en el manómetro que se encuentra en dicho tanque, ya que si es menor de 90°C puede dañar el impeler de la bomba de introducción de agua de la caldera, así como problemas en la caldera por estar introduciéndole agua fría.

Purgar la caldera por lo menos cada 24 horas de trabajo, tanto la de fondo como la lateral, el tiempo de purga que se debe realizar se debe basar en la cantidad de sólidos disueltos, para no purgar más de lo requerido, siempre tomando las precauciones pertinentes para evitar accidentes.

Chequear motores eléctricos basándose en el calentamiento del mismo así como si existe algún ruido fuera de lo normal.

Realizar el análisis al agua de alimentación (dureza), para constatar que se encuentra dentro de los parámetros y así evitar filtraciones de dureza dentro de la caldera.

4.7.2 Mantenimiento mensual

Consiste en realizar mantenimiento a la caldera que haya cumplido los 30 días de trabajo, ya que es muy importante que se encuentren en óptimas condiciones para que la producción de vapor se cumpla sin ningún inconveniente o en todo caso evitar en lo posible algún paro inesperado por algo que se pudo prever, dicho mantenimiento a las calderas lo realiza una empresa privada por el motivo que no se cuenta con el personal calificado, no por el hecho de falta de conocimiento si no por falta de certificación profesional. Las partes que se deben revisar son las siguientes:

Limpieza y revisión del quemador: se saca el quemador y se limpia con thinner para eliminar cualquier tipo de incrustación que posea. Después de limpiar el quemador se debe limpiar la boquilla inyector de petróleo, la cual se debe eliminar minuciosamente y graduarla para que la atomización en la combustión sea la correcta.

Análisis de combustión: se debe chequear la combustión para constatar con que eficiencia esta trabajando la caldera para evitar consumos altos de combustible, humo negro, humo blanco, mayor consumo de agua como de químicos

Filtro de petróleo: Desmontar Filtro a continuación introducirlo en un recipiente con diesel, se deja aproximadamente veinticinco minutos para eliminar cualquier desecho sólido (bunker)

Pruebas de seguridad: Es de suma importancia la revisión de la puerta delantera como la trasera de la caldera, ya que los tornillos por la temperatura

tienden a aflojarse, y es recomendable verificar la torsión de los tornillos en ambas puertas, esto se recomienda hacer con un torquimetro para que todos los tornillos tengan la misma presión, la presión recomendada es de 120 libras.

Revisión de electrodo del quemador esto consiste en revisar físicamente el estado del electrodo para verificar que no tenga ninguna fisura en la porcelana así como su aislador para verificar el estado de las terminales.

Limpieza de visor de llamas: consiste en desmontar la foto celda, después se debe limpiar con alcohol para eliminar cualquier impureza dentro de la foto celda.

Lubricar levas de mando del dämper: Esto consiste únicamente en lubricar con aceite SAE 10, utilizando una pizeta.

Purgar el tanque de condensado: Esto consiste en abrir a llave de bola por 10 segundos si fuera necesario y luego cerrar la llave.

Control de PH en condensado: esto consiste en sacar una muestra de condensado, ya sea en el tanque de alimentación así como en alguna tubería de condensado tanto en el área de acabado como de teñido esto con el objetivo de verificar el PH en el condensado. El PH en la caldera debe mantenerse entre 11.0 a 12.0, en el condensado se debe mantener entre 8.0 a 9.0 con la ayuda de la amina, la cual se explicó detenidamente en el capítulo 2 inciso 2.5.7.3,

esto para prevenir la formación del CO₂ en las tuberías, se debe utilizar el aparato denominado pH metro o con cintas.

Revisar que todos los equipos que trabajen con vapor funcionen correctamente. Verificar si no hay pérdidas de energía.

4.7.3 Mantenimiento trimestral

Consiste en realizar mantenimiento a la caldera que haya cumplido los 90 días de trabajo, esto mantenimiento abarca el mantenimiento mensual así como otras partes las cuales se describirán a continuación; este mantenimiento también lo realiza la misma empresa que realiza el mantenimiento mensual

Limpieza de tubos: según su estado, si se encuentran con demasiado hollín es conveniente desincrustarlos por medios químicos y si no es suficiente por medios mecánicos con una varilla y un cepillo de alambre.

Tortugas: los registros de lodos o tortugas como es comúnmente conocido, se deben vaciar por medios mecánicos, para verificar el estado de la tubería, después de realizar la verificación se deben colocar empaques nuevos, para evitar fugas.

Horno: consiste en realizar una inspección física para verificar su estado, tanto en el diámetro de las sisas como en los ladrillos esto para no poner en riesgo la caldera por un sobrecalentamiento.

Cristal de nivel: es un tubo de vidrio el cual sirve para verificar la medida de agua dentro de la caldera, se debe desmontar y verificar que no haya

sufrido algún corte el vidrio ya que por las temperaturas de aguas tan alta tiende a quebrarse o deformarse.

Puertas: se debe verificar el refractario en ambas puertas por si hubiera alguna grieta en ambas puertas, si existe se debe cambiar con cemento refractario así como sus respectivos empaques, se debe esperar hasta que fragüe, para volver a poner la maquina en funcionamiento.

Cámara de agua. Se debe vaciar la cámara para poder extraer los lodos que no pudieron ser purgados por encontrarse en domo inferior de dicha cámara.

Cables de transformador: revisar el estado de los cables, apretarlos bien de modo que hagan un perfecto contacto o cambiarlos si es necesario

Lubricar los cojinete de la bomba de bunker y revisar el estado del la faja.

EL cheque de la tubería de agua de alimentación debe mantenerse siempre limpio y libre para que no retorne agua y se evite diferencia de presión en la tubería.

Revisar el interruptor de mercurio del llenado y vaciado de la maquina.

A. **Controles eléctricos:**

Limpiar con aire comprimido y verificar que los paneles estén bien cerrados para evitar la entrada de polvo, esto se debe de hacer dejando que se enfríe los

flipones, contactores, guarda motores fusibles de cartucho entre otros, para prevenir algún desperfecto.

Manómetro y termómetro: revisar la calibración de los mismos desmontándolos y colocándolos en su lugar, realizándoles pruebas, comparando las lecturas.

Flipones y guardamotors: se deben apretar periódicamente porque tienden aflojarse por la vibración.

Limpieza de borner de transformador: Limpiar con lija # 400 para evitar el sarro en el cable de chispa.

B. Chequeo del sistema de combustible:

Verificar que no exista ninguna fuga tanto en la tubería de entrada como en la tubería de retorno hacia los tanques de bunker, al realizar verificación se debe hacer énfasis en los accesorios (uniones universales, codos, tee, etc.) por el motivo que estos accesorios tienden a deteriorarse por los cambios de presión a los que son sometidos.

Revisar las fajas de transmisión de la bomba de bunker, tanto la de los tanques principales como la de las dos calderas, se debe verificar si tiene alguna fisura la faja, su respectiva alineación así como la tensión requerida, de ser necesario cambiar, el número de faja de los tanques de búnkeres es A 46, la de la caldera CB 800 A 45 y de la caldera CB 400 es A 43.

4.7.4 Mantenimiento Anual

El mantenimiento cada fin de año es el más importante en ROSAZU, ya que es la única fecha donde el departamento de Mantenimiento cuenta con mayor tiempo para realizar las reparaciones necesarias. En esta propuesta se proponen las rutinas siguientes:

Trampas de Vapor: Realizar mantenimiento a todas las trampas, basándose en el funcionamiento de la misma, tomando como referencia para el archivo del mismo el inciso 3.3.1

Revisión de Aislamiento: Se debe de revisar todas las tuberías de distribución de vapor así como las de condensado para garantizar que todo el material aislante se encuentre en condiciones óptimas, para no incurrir en gastos elevados por la pérdida de energía, al tener que generar mayor vapor para satisfacer la demanda de los equipos.

Limpieza y pintura del tanque de condensado: La limpieza y restauración del tanque de condensado es de suma importancia ya que al mantener el tanque en óptimas condiciones podemos garantizar que del tanque no se desprenda ninguna partícula con óxido, la cual pueda afectar a la caldera. A un bajo costo. Este tema se tratará con un mayor énfasis en el inciso 4.10 al 4.10.4.

Resina de Suavizadores: Es importante limpiar la resina de los suavizadores como mínimo cada 12 meses, esto para que los granos de resina puedan desprender la suciedad. Las resinas se deben extraer de los depósitos. A continuación se deben limpiar con ácido acético y bastante agua. Después se deja secar por unas horas y se debe introducir de nuevo a los depósitos.

Mantenimiento a la bomba de introducción de agua a la caldera: Se debe de revisar la bomba de agua con su respectivo motor, la revisión de la bomba se debe basar en la revisión del estado de el sello mecánico tipo 21 así como de el impeler, en el motor se debe de medir el consumo de el amperaje para garantizar el trabajado de las fases de el motor, utilizar barniz eléctrico para barnizar el embobinado de el motor.

Caldera:

Apertura de la caldera: es importante la apertura de la caldera tanto de la CB-800 como la de la CB-400, para verificar el estado en que se encuentra los tubos de la caldera, si él oxido ya ha hecho un desgaste significativo en ellos, para la prevención de este fenómeno se utilizan el tratamiento químico en la caldera, el cual se hizo énfasis en el capítulo anterior incisos 3.4. al 3.4.7.

Cimientos: es muy recomendable revisar cada 12 meses los cimientos de ambas calderas con el objetivo de verificar que no se este hundiendo o que tenga un nivel inadecuado en cualquiera de sus extremidades, tomando como referencia las bases donde fue instalada.

A continuación se muestra los controles de servicio de las calderas: mensual, trimestral, anual.

BITACORA CALDERA

PERÍODO: MENSUAL

Descripción del equipo: _____

Empresa Responsable: _____

Encargado de Inspección: _____

Descripción del trabajo	Limpieza	Revisión
Quemador		
Fotocelda		
Difusor		
Boquilla Inyector de petróleo		
Filtro de agua		
Filtro de petróleo		
Combustión		
Electrodo del quemador		
Lubricación del motor ventilador		
Seguridad de las puertas		
Manómetro de gas		
Manómetro de bomba de agua		
Válvulas de paso		
Aislamiento en tuberías		
Cheques		
Anclajes		
Tanque de condensado		
Prueba de funcionamiento	Sí	No

BITACORA CALDERA

PERÍODO: TRIMESTRAL

Descripción del equipo: _____

Empresa Responsable: _____

Encargado de Inspección: _____

Descripción del trabajo	Limpieza	Revisión
Quemador		
Fotocelda		
Difusor		
Boquilla Inyector de petróleo		
Filtro de agua		
Filtro de petróleo		
Combustión		
Tubos		
Cámara de agua		
Cámara de combustión		
Columna de agua principal		
Cristal de nivel		
Tortugas		
Sello de Asbestos		
Manolo		
Horno		
Columna Auxiliar		
Electrodo del quemador		
Lubricación del motor ventilador		
Seguridad de las puertas		
Manómetro de gas		
Manómetro de bomba de agua		
Válvulas de paso		
Aislamiento en tuberías		
Cheques		
Anclajes		
Tanque de condensado		
Prueba de funcionamiento	Sí	No

BITACORA CALDERA

PERÍODO: ANUAL

Descripción del equipo: _____

Empresa Responsable: _____

Descripción del trabajo	Observaciones
-------------------------	---------------

Tubos	
Placas tubulares	
Bomba de tanques de bunker	
Limpieza de tubería de agua de alimentación	
Turbina del quemador	
Contactos Eléctricos	
Flotador de agua	
Cambio de empaques en el nivel de cristal	
Cambio de empaques de puertas	
Filtros	
Electrodos de nivel de agua	
Bomba de introducción de agua caldera	
Revisión de trampa de vapor caldera	
Compresor de aire	
Tubería de condensado	
Revisión de chimenea	
Interruptor de mercurio control de presión de agua	
Lubricación de levas modulares del dâmpfer	
Revisión pirómetro eléctrico en precalentador de bunker	
Revisión pirómetro en Precalentador de bunker	
Revisión Transformador de ignición	
Revisión de fusibles de cartucho	
Tubería de purga	
Trampa de vapor tanques de bunker	
Resistencia en tanques de bunker	
Tanque de condensado	
Revisión de contador de agua	
Aislamiento en tubería de bunker	
Cheques	
Revisión bomba de introducción de químicos	

4.8 Manómetros

El control de la presión en los procesos textiles da condiciones de operación seguras, ya que los cambios bruscos de presión pueden causar defectos en la tela en sus diferentes procesos donde se necesita de vapor. Las presiones excesivas no solo pueden provocar la destrucción del equipo, si no también puede provocar la destrucción del equipo adyacente y ponen al personal en situaciones peligrosas, particularmente cuando están implícitas,

fluidos inflamables o corrosivos. Para tales aplicaciones, las lecturas absolutas de gran precisión con frecuencia son tan importantes como lo es la seguridad extrema.

Por otro lado, la presión puede llegar a tener efectos directos o indirectos en el valor de las variables del proceso (como la composición de una mezcla en el proceso de destilación). En tales casos, su valor absoluto medio o controlado con precisión de gran importancia ya que afectaría la pureza de los productos poniéndolos fuera de especificación. La presión puede definirse como una fuerza por unidad de área o superficie, en donde para la mayoría de los casos se mide directamente por su equilibrio directamente con otra fuerza, conocidas que puede ser la de una columna líquida un resorte, un embolo cargado con un peso o un diafragma cargado con un resorte o cualquier otro elemento que puede sufrir una deformación cualitativa cuando se le aplica la presión.

El manómetro es un instrumento utilizado para la medición de la presión en los fluidos, generalmente determinando la diferencia de la presión entre el fluido y la presión local. En el sistema de distribución de vapor no se cuenta con ningún manómetro en las líneas de vapor por las razones anteriormente mencionadas se propone la instalación de dicho instrumento para poder medir las presiones en las diferentes líneas de vapor con el objetivo de tener un control exacto de diferencia de presión en los diferentes equipos, las calderas trabajan en la mayoría de los casos a 100psi, este es el patrón de presión que

se debe de tomar cuenta para medir la presión en los diferentes puntos de la planta donde se utiliza el vapor.

La presión suele medirse en atmósferas (atm); en el sistema internacional de unidades (SI), la presión se expresa en Newton por metro cuadrado; un newton por metro cuadrado es un pascal (Pa). La atmósfera se define como 101.325 Pa, y equivale a 760 mm de mercurio en un barómetro convencional.

Cuando los manómetros deben indicar fluctuaciones rápidas de presión se suelen utilizar sensores piezoeléctricos o electrostáticos que proporcionan una respuesta instantánea.

Hay que tener en cuenta que la mayoría de los manómetros miden la diferencia entre la presión del fluido y la presión atmosférica local, entonces hay que sumar ésta última al valor indicado por el manómetro para hallar la presión absoluta. Cuando se obtiene una medida negativa en el manómetro es debida a un vacío parcial.

4.8.1 Cantidad Requerida

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de manómetros con sus respectivos accesorios, que son necesarios para su instalación y seguridad del manómetro. Y se menciona la posición que se eligió para la colocación de el manómetros, se colocara en las líneas lejanas para monitorear se existe una diferencia de presión, la presión también es una herramienta recomendada

para la elección de las trampas de vapor, ya que de esta depende la capacidad de la trampa.

La propuesta consiste en monitorear la presión en las áreas donde se utiliza vapor, Tintorería y Acabados, las maquinas Mcs 1200, Saturno 4 y Aquarius pertenecen al área de Tintorería, por ende son maquinas teñidoras, las maquinas ferraro y Santa set pertenecen al área de Acabados.

Tabla XIV Cantidad de manómetros y material requerido

UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE EL MATERIAL	CANTIDAD
Mcs 1200	Manómetro de glicerina o a 150 PSI de ¼"	1 unidad
Mcs 1200	Reducidor Bushing de Hierro negro de 2" a ¼"	1 unidad
Mcs 1200	Niple de hierro negro ¼" x 6"	1 unidad
Mcs 1200	Codos Hn de ¼"	1 unidad
Saturno 4	Manómetro de glicerina o a 150 PSI de ¼"	1 unidad
Saturno 4	Reducidor Bushing de Hierro negro de 2" a ¼"	1 unidad

Saturno 4	Niple de hierro negro ¼" x 6"	1 unidad
Saturno 4	Codos Hn de ¼"	1 unidad
Aquarius	Manómetro de glicerina o a 150 PSI de ¼"	1 unidad
Aquarius	Reductor Bushing de Hierro negro de 2" a ¼"	1 unidad
Aquarius	Niple de hierro negro ¼" x 6"	1 unidad
Aquarius	Codos Hn de ¼"	1 unidad
Ferraro	Manómetro de glicerina o a 150 PSI de ¼"	1 unidad
Ferraro	Reductor Bushing de Hierro negro de 2" a ¼"	1 unidad
Ferraro	Niple de hierro negro ¼" x 6"	1 unidad
Ferraro	Codos Hn de ¼"	1 unidad
Santaset	Manómetro de glicerina o a 150 PSI de ¼"	1 unidad
Santaset	Reductor Bushing de Hierro negro de 2" a ¼"	1 unidad
Santaset	Niple de hierro negro ¼" x 6"	1 unidad
Santaset	Codos Hn de ¼"	1 unidad

4.8.2 Costos de inversión

En la siguiente tabla se muestran el costo de los materiales necesario para la instalación de los materiales, para definir el precio se hicieron varias cotizaciones en diferentes lugares, para tratar de que el costo de inversión sea el menor posible.

Tabla XV Costo de inversión de los manómetros

MATERIAL	PRECIO X UNIDAD	CANTIDAD REQUERIDA	TOTAL
Manómetro de glicerina o a 150 PSI de ¼"	Q.478.00	5 unidades	Q. 2,390.00
Reductor Bushing de Hierro negro de 2" a ¼"	Q4.28	5 unidades	Q. 21.4
Niple de hierro negro ¼" x 6"	Q16.20	5 unidades	Q 81.00
Codos Hn de ¼"	Q2.23	5 unidades	Q 11.15

		TOTAL	Q 2,503.55
--	--	--------------	-------------------

4.8.3 Beneficio que se obtendrá

La instalación de manómetros en las líneas de vapor o de condensado es una medida muy recomendable, ya que dicho instrumento tiene como ventaja lo siguientes:

- Instrumento sencillo de manejar no se necesita personal altamente calificado.
- Instrumento de exactitud aceptable con una incerteza de 1%fe.
- Sirve para determinar con precisión la presión diferencial.
- Los manómetros mecánicos se caracterizan por su alta resistencia y su prolongada vida útil.
- El manómetro Tiene un costo bajo comparando con el beneficio que se puede obtener.

- Con la instalación de manómetros en la línea de distribución de vapor se podrá establecer la relación entre la presión medida y la presión de referencia (en este caso la presión de referencia es en base a la caldera que este operando en la mayoría de los casos las calderas operan a 110psi, este seria el dato de la presión de referencia).

4.9 Análisis de resina en los suavizadores

Un suavizador tiene como fin el extraer del agua de alimentación a calderas, las sales de calcio y magnesio. Utiliza resina de intercambio iónico. Las sales de calcio y magnesio, dañinas para la caldera se adhieren a la resina. Una vez saturada la resina, requiere de una regeneración con salmuera, enjuague, servicio y reposición de agua para la sal.

El costo de operación de un suavizador es su consumo de sal y agua. Principalmente de sal.

Existen suavizadores de agua manual y automática. En el caso de la empresa Rosazu, son automáticos. Un suavizador de agua automático es más eficiente, consume menos sal y por lo tanto menos agua. Tiene costos de operación significativamente menores. Sus tanques de fibra de vidrio son de larga vida útil. Su operación es confiable y segura, totalmente automática. Requiere de una presión mínima de agua de 2.0 kg/cm² y de corriente monofásica de 115 V.

Un pie cúbico de resina da una capacidad máxima de 30,000 granos de intercambio requiriendo 7.0 Kg. de sal y 23 lts. de agua. El suavizador automático opera al pie cúbico de resina con una capacidad de intercambio de 20,000 granos, requiriendo 3.5 Kg. de sal y 11.5 lts. de agua.

Como se menciona el costo es menor en los suavizadores automáticos, pero la vida útil de la resina es aproximadamente de 5 años, es por tal motivo que se recomienda hacer un análisis periódicamente del estado en que se encuentra las resinas dentro de los tanques.

4.9.1 Suavizador 1

El suavizadores # 1 con el que cuenta la empresa es el mas antiguo de los 3. para mayor información referente a los datos técnicos se puede encontrar en el capitulo 3 inciso 4.5.

El último estudio que se le realizo a las resinas de dicho tanque fue realizado por la empresa Alkemy que es la encargada del tratamiento interno del agua de alimentación de las calderas. Dicho estudio fue realizado el 6 de febrero de 2004. por consiguiente ya han pasado mas de 2 años en donde la vida útil de la resina podría haber terminado. Dicho análisis se puede revisar en los anexos para mayor información al respecto.

4.9.2 Suavizador 2

El suavizador #2 con el que cuenta tiene la vida útil al igual que el suavizador 3, para mayor información referente a los datos técnicos se puede encontrar en el capítulo 3 inciso 4.5. El último estudio que se le realizo a las resinas de dicho tanque fue realizado por la empresa Alkemy que es la encargada del tratamiento interno del agua de alimentación de las calderas. Dicho estudio fue realizado el 26 de septiembre de 2005. Por consiguiente ya han pasado casi 2 años en donde la vida útil de la resina podría haber

terminado. Dicho análisis se puede revisar en los anexos para mayor información al respecto.

4.9.3 Suavizador 3

El suavizador #3 con el que cuenta tiene la vida útil al igual que el suavizador 2, para mayor información referente a los datos técnicos se puede encontrar en el capítulo 3 inciso 4.5. El último estudio que se le realizó a las resinas de dicho tanque fue realizado por la empresa Alkemy que es la encargada del tratamiento interno del agua de alimentación de las calderas. Dicho estudio fue realizado el 6 de septiembre de 2006. Por consiguiente ya han pasado más de 1 año.

Este análisis es el mas reciente realizado a dicho sistema, por consiguiente se debe dar prioridad al suavizado 1 y 2, ya que han pasado más de años, desde el último análisis.

4.10 Mantenimiento a tanque de condensado

Mantener el tanque de condensado en optimas condiciones es de vital importancia, ya que si no se tiene un tanque en optimas condiciones de nada sirve contar con tratamiento interno de químicos a la caldera, por el simple hecho de que el tanque esta de fabricado de metal, con el contacto con el agua y el oxigeno tiende a producirse la oxidación, y esta oxidación se transporta hacia la caldera, causando daños irreparables dentro de la caldera.

Por lo que se pudo observar en la inspección realizada al tanque de condensado en la empresa ROSAZU, no se le a realizado ningún tipo de mantenimiento, es por ello que nace esta propuesta para eliminar por completo todo él oxido acumulado en las paredes de dicho tanque y así garantizar que no se desprenderá ningún tipo de partícula del tanque hacia la caldera.

En la siguiente tabla XVI se indica el material necesario para realizar el mantenimiento al tanque de condensado.

4.10.1 Material requerido

Tabla XVI Material requerido para mantenimiento de tanque de condensado

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Pintura Zincromato	2 galones
Thinner Laca	2 galones
Brocha de 3"	1 unidad
Brocha de 1"	1 unidad
Disco para pulir de ¼" x 7/8" x 7"	2 unidades
Mascarilla 3M	4 unidades
Cepilló de alambre con mango	4 unidades

4.10.2 Planificación

Para realizar el mantenimiento al tanque de condensado se necesita de un tiempo aproximado de 3 días, el primero para limpiar el tanque eliminado todas las incrustaciones de oxido, el segundo día es para pintar el tanque, por las condiciones que se encuentra el tanque y dado a la concentración de minerales que se encuentra en el agua de alimentación es conveniente unas 3 pasadas de pintura para garantizar que por lo menos en un año el tanque no

sufrirá ningún desgaste a su estructura, y el tercer día para que seque la pintura.

Este mantenimiento se debe realizar una vez al año, por lo anteriormente mencionado, el costo se dará a conocer en la siguiente tabla el costo solo de los materiales ya que la empresa ROSAZU cuenta con el personal calificado para realizar este trabajo así como el equipo idóneo para este mismo.

4.10.3 Costos de Inversión

Tabla XVII Costo de material para el mantenimiento del tanque de condensado

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	Costo X Unidad	TOTAL
Pintura Zincromato	2 galones	Q 133.92	Q 267.64
Thinner Laca	2 galones	Q 29.46	Q 58.92
Brocha de 3"	1 unidad	Q 13.39	Q 13.39
Brocha de 1"	1 unidad	Q 5.36	Q 5.36
Disco para pulir de ¼" x 7/8" x 7"	2 unidades	Q 17.68	Q 35.36
Mascarilla 3M	4 unidades	Q 5.40	Q 21.6
Cepilló de alambre con mango	4 unidades	Q 6.25	Q 25.00
		TOTAL	Q 427.27

4.10.4 Beneficios

Los beneficios al mantener el tanque de condensado en condiciones optimas son las siguientes:

- Prolongar la vida útil del tanque de condensado.
- Garantizar que no exista ninguna fuga de oxido que se pueda transportar a la caldera y así poder hacerle algún daño irreparable.

- Tuberías y accesorios así como los filtros en la tubería estarán limpios ya que no habrá ningún desprendimiento o basura que pueda saturar los accesorios anteriormente mencionados.
- Al ejecutar dicho mantenimiento el persona encargado de la caldera se estará creando una perspectiva diferente del el manejo de la caldera, ya que el sabrá de la importancia de mantener el tanque de condensado siempre limpio y fuera de cualquier incrustación.

4.11 Mantenimiento eléctrico para las calderas

El sistema eléctrico de control en una caldera incluye los equipos de control y todos los instrumentos necesarios para regular y controlar el sistema. Recordemos que en una caldera piró tubular se generan grandes presiones así como altas temperaturas, es por estas razones que es vital que los equipos de control e instrumentos se encuentren en optimas condiciones no esta de mas recordar que en la empresa ROSAZU las calderas trabajan 24 horas esto quiere decir que son parte vital de los procesos de fabricación de tela.

Los componentes eléctricos más importantes en una caldera son: Control de presión, temperatura, nivel de agua, detectores de llama, válvulas solenoide

El sistema eléctrico de control en una caldera incluye los equipos de control y todos los instrumentos necesarios para regular y controlar el sistema. Recordemos que en una caldera piró tubular se generan grandes presiones así como altas temperaturas, es por estas razones que es vital que los equipos de control e instrumentos se encuentren en optimas condiciones no esta de mas

recordar que en la empresa ROSAZU las calderas trabajan 24 horas esto quiere decir que son parte vital de los procesos de fabricación de tela

Los componentes eléctricos más importantes en una caldera son: Control de presión, temperatura, nivel de agua, detectores de llama, válvulas solenoide

Los anteriores no cuentan con un programa de mantenimiento ya que a las calderas solo se les realiza servicios mecánicos, es por esta razón que se quiere innovar un programa que cumpla con las expectativas de la gerencia de mantenimiento así como las necesidad de la empresa

A) Controles de nivel de agua: Su función primordial es mantener un nivel de agua óptimo dentro de la cadera, ya que de lo contrario interrumpirá el funcionamiento de la caldera, ya que para producir vapor se necesita de agua, también la falta de agua puede causar deformaciones tanto en tubos como en las puertas de calderas.

El control de nivel de agua opera por medio de un flote y tiene básicamente dos funciones:

1. Detener la operación del quemador si el nivel de agua baja al punto de seguridad para operación y da energía a una luz indicadora de bajo nivel de agua a un costado en el tablero de control.

2. Arranca y detiene la bomba de introducción de agua del tanque de condensado hacia la caldera, para mantener el nivel de agua adecuado a las condiciones de operación de la caldera.

Los controles de nivel de agua vienen con interruptores de mercurio, los cuales son los más comunes en el mercado.

El flotador del control de nivel es metálico, y como es de esperarse los problemas de este instrumento se dan por la corrosión de metal, daño en los empaques (bellows), y por supuesto la vida útil del mismo. Este dispositivo por su naturaleza exige un mantenimiento prolongado, lo ideal es hacerle una revisión cada 6 meses para chequear sí el estado del flote metálico empaque, tornillos, así como el funcionamiento del interruptor para la bomba de agua.

B.) Mantenimiento del electrodo

Se recomienda verificar la siguiente figura para verificar la posición del electrodo, ya que esto es de suma importancia a la hora que se remueva para su inspección o su cambio.

El electrodo se recomienda revisar cada mes, examine la punta del electrodo para ver si tiene algunos depósitos de picadura o depósitos de combustión, Como el carbón es un conductor eléctrico es necesario mantener limpia la parte del electrodo /aunque aquí generalmente no se encuentran depósitos de carbón. Inspeccione el aislante para ver si tiene grietas y reemplácelo si presenta alguna, pues esta puede causar una inducción a tierra del voltaje para la ignición.

C. Motores de arranque

El motor de arranque normalmente no necesita mantenimiento, El polvo y la suciedad pueden producir excesivamente calentamiento y desgaste en los contactos, en el caso de ROSAZU por el tipo de proceso se encuentra demasiada borra o mota en toda las áreas y esto influye a ensuciar rápidamente las maquinas y sus dispositivos. Por eso se recomienda una limpieza de cada 15 días a las tapaderas de los ventiladores, ya que al estar muy saturados de polvo se produce un calentamiento elevado en el motor.

Los contactos del arranque están cubiertos en plata y no se dañan por decolorización o ligeras picaduras. No use materiales abrasivos (como lija) en los puntos de los contactos porque lo único que hace es quitarles el recubrimiento de plata. Solamente es necesario reemplazar los puntos cuando la plata esta muy gastada.

Los relevadores térmicos (sobrecargas) son del tipo de aleación fundente, cuando saltan, es necesario dar tiempo para que la aleación vuelva a solidificarse antes de que el relevador pueda ser restablecido.

Para hacer saltar manualmente el relevador, empuje hacia arriba la palanca apenas debajo del botón de restablecimiento; eso desengancha el pequeño trinquete. La aldaba con resorte que engancha el pequeño trinquete se suelta, haciendo que los contactos del relevador se abran de golpe. Estos contactos abren el circuito de bobina magnética, haciendo saltar el conjunto del contacto y por lo tanto dejando energía al motor.

D. Control de programación

Este control no requiere ajustes y no intente alterar las posiciones de los contactos aunque estos contactos requieren una limpieza ocasional lo recomendable es cada 6 meses de trabajo. No use materiales abrasivos (lija) para realizar la limpieza y mantenga la puerta del cajón de control cerrada durante la operación normal para evitar que se ensucie muy rápido.

El lente del escudriñador debe ser limpiado siempre que las condiciones de operación lo exijan. Use una tela mojada con detergente si se necesita.

El reemplazo de componentes internos (salvo un amplificador enchufado) no es ni práctico ni recomendado.

E. Controles eléctricos

La mayoría de los controles de operación requieren poco mantenimiento aparte de la inspección diaria, se recomienda una limpieza trimestral de trabajo, verifique que todas las conexiones estén apretadas y manténgalas limpias. Saque todo el polvo que se acumule en el interior del control con una manguera de aire comprimido de baja presión teniendo cuidado de no causar daños al mecanismo.

Examine todos los interruptores de mercurio a ver si están dañados o partidos; Esta condición la pone de manifiesto una mancha oscura sobre la superficie normalmente lustrosa del mercurio y produce una acción errática del control. Cerciórese que los controles de este tipo estén correctamente nivelados empleando el indicador de nivelación y limpie la tubería que conduce a los controles movidos por presión si se necesita. Las tapas deben quedar puestas en los controles en todo momento.

El polvo y la suciedad pueden producir excesivo calentamiento y desgaste del arranque del motor y de los contactos; así pues requieren un mantenimiento también. Los contactos del arranque están cubiertos en plata si se dañan por descolonización o ligeras picaduras.

No use material abrasivo (limas, lija) en los puntos de los contactos porque lo único que hacen es quitarle el recubrimiento de plata. Use un instrumento para bruñir o un papel con una superficie dura para limpiar y pulir los contactos. Solamente es necesario reemplazar los puntos cuando la plata esta muy gastada.

Los relevadores térmicos (sobrecargas) son del tipo de aleación fundente; cuando saltan es necesario dar tiempo para que la aleación vuelva a solidificarse antes de que el relevador pueda ser restablecido. Si las cargas se saltan rápidamente cuando la corriente del motor es normal, reemplácelas con nuevas. Si esta condición sigue del reemplazo será forzoso averiguar la causa de la toma excesiva de corriente.

El abastecimiento de fuerza eléctrica a la caldera debe ser protegido con fusibles de doble elemento como “Fusetrons” o cortocircuitos. Se recomienda usar fusibles semejantes en circuitos derivados pero no le recordamos fusibles comunes de “un disparo”.

A) Válvulas solenoides del piloto de gas, de aceite, de combustible y de escape

Estas válvulas funcionan por largos periodos sin dificultad alguna, No obstante, si materia extraña llega fijarse entre el asiento de la válvula y el disco de la misma, puede causar filtración. Se puede desarmar fácilmente pero hay que tener cuidado en no dañar las partes interiores al quitarlos y en averiguarlo que el remontaje procede en el orden correcto.

Normalmente se puede oír un zumbido bajo cuando la bobina esta excitada. Si un ruido fuerte o chirrido se desarrolla en la válvula, verifique que hay voltaje apropiado y limpie el conjunto del embolo y el tupo interior del embolo y solenoide se aprietan al rearmar la válvula. Tenga cuidado de no dañar, abollar ni hacer muescas al tubo del embolo.

Si se dañara la bobina es posible reemplazarla sin quitar la válvula de la línea pero este seguro que sé a quitado la fuerza eléctrica de la válvula. Examine la posición de la bobina y cerciórese que la arandela aislante o resorte de retención es repuesto del orden correcto.

B) Motor regulador

Debido a que la tapadera de conexiones es herméticamente sellado, no es necesario realizar una limpieza interna en el modulador, sin embargo, se debe de poner mucha atención a todo el sistema de accionamiento que es comandado por el eje de toma fuerza del motor modulador, ya que este deberá estar lubricado y limpio para evitar cualquier tipo de atascamiento y dañar el equipo.

C) Controles de temperatura

Estos controles requieren muy poco mantenimiento, y aparte de la inspección semanal. El polvo que se acumule debe sacarse del interior del control con una manguera de aire comprimido, teniendo cuidado de no dañar el mecanismo con una presión excesiva. Verifique para estar seguro que el interruptor del tubo de mercurio no esta dañado ni partido.

Verifique el estado del cable y el apriete de las terminales. Es recomendable cambiar el cable por lo menos cada dos años. Sobretudo si el conducto esta instalado demasiado cerca del calor del proceso que esta supervisando.

D) Chequeo de las conexiones de los elementos de control del sistema

Para realizar la revisión sobre las conexiones se requiere de un voltímetro fijado en la escala de cero a 300 voltios y de cero a 250 voltios de corriente alterna.

Dos cables para puentes, con aislamiento calibre 14 de por lo menos 12 pulgadas de largo y conectores tipo lagarto aislados en ambas puntas.

5. MEJORA CONTINUA AL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR

5.1 Capacitación al personal

La capacitación es un proceso de enseñanza de aptitudes básicas que los nuevos empleados necesitan para realizar un trabajo.

Para conocer con un mayor grado de exactitud la situación actual de la formación de las personas a su cargo la operación de las calderas dentro de la empresa ROSAZU S.A., se solicitó el currículum de los operadores de caldera para verificar el grado académico y la experiencia que cuentan en este ramo.

Además se realizó una entrevista a los Gerentes de Mantenimiento para conocer su punto de vista sobre este tema tan importante.

Con base en la recopilación de información en los lugares anteriormente señalados y teniendo en cuenta las características de la empresa, conviene describir los resultados desde dos ámbitos de actividad industrial:

Edad: La edad promedio oscila entre los 25 y 30 años.

Grado de escolaridad. El 100% de los operadores de caldera únicamente poseen educación primaria. Esto, además en forma incompleta, ya que la mayoría solo obtuvo los primeros 4 o 5 años de escuela.

Profesión: No son operadores de calderas de vapor titulados, la mayoría son mecánicos de mantenimiento industrial no titulados.

Forma que aprendió el oficio de operador de calderas de vapor: Casi el 100% coincide en haber aprendido el oficio empezando de aprendiz de mecánico industrial poco a poco, a lo largo de varios años, llegaron a conocer el funcionamiento general de una caldera. Únicamente un 5% ha recibido algún curso de capacitación en esta área.

Conocimiento que poseen sobre calderas de vapor: Como se menciona anteriormente, los conocimientos y habilidades que poseen los operadores han sido obtenidos con el esfuerzo de varios años, a través de la técnica de “prueba de error” y otras aprendidas en la practica directa. En General, estos conocimientos se limitan a:

- Conocimientos generales sobre el principio de operación.
- Arranque y operación
- Ajustes y problemas de interrupción.
- Inspección y mantenimiento preventivo.
- Control d emisión de humos para corregir la relación aire-combustible de la mezcla.
- Manejo de combustible (Bunker.
- Operación de suavizadores

Los operadores de la caldera carecen de conocimientos sobre el manejo de eficiencias, rendimiento de los combustibles, y menos sobre el tratamiento de agua; en este último, se limitan a aplicar los productos químicos recomendados por el proveedor, para el tratamiento interno de la caldera.

Atribuciones del operador de la caldera:

- Arrancar la caldera
- Operaciones generales de control de presión, temperatura y alimentación de combustible.
- Tratamiento de agua de alimentación
- Niveles de tanques de bunker
- Medición de la dureza de agua de alimentación
- Ajustes de problemas de interrupción.

De acuerdo con la información y resultados del capítulo anterior, se resume que las funciones más importantes en la administración de las calderas de vapor son la operación, combustión, y el tratamiento interno del agua de alimentación.

Para capacitar al personal en el tema de operación y combustión se recomienda enviar a los operadores de la caldera a especializarse al Centro Educativo Kinal, ya que este es uno de los pocos centros donde se puede especializar en operación de caldera tanto Piro-tubular como Acu-tubular.

Con referencia al tema de tratamiento interno de agua de la caldera se creó un plan de la distinta actividad con referente a este tema conjuntamente con la persona a cargo del tratamiento interno de agua de la empresa Alkemy, y la aprobación de la Gerencia de Mantenimiento. El objetivo de estas actividades es reforzar al personal tanto en la parte teórica como en la parte práctica.

Los temas a tratar en las diferentes capacitaciones son los siguientes:

- Como se produce el vapor dentro de una caldera.
- Implementación de análisis fisicoquímicos por parte de los calderistas.
- Dosificación de Amina en líneas de vapor.
- Instalación de purga automática en caldera Piro-tubular.
- Problemas asociados al agua en sistema de vapor y de enfriamiento.
- Metodología de análisis químico de los parámetros fisicoquímicos del agua.
- Tipos de corrosión.
- Proceso de intercambio iónico

5.2 Aperturas de las calderas

Es importante mencionar que la corrosión en una caldera no se puede detener, solamente se reduce su velocidad de acción. Por ello, los estándares internacionales permiten un cierto desgaste del metal y se puede manejar valores de hasta 0.2ppm de hierro total en el agua de la caldera.

La razón de la corrosión es simple, el hierro estructural que comúnmente se denomina F0. Dicho hierro puede tener muchos tipos de aleaciones, pero siempre está formado en su mayoría por hierro.

El problema es que el hierro estructural (Fe_0). No es estable y tiende a “convertirse” a su forma más estable, esto es como hierro oxidado, de valencia 3 (Fe^{+3}). Para que ocurra este aumento en la valencia, la molécula de hierro oxidada, de valencia 3 (Fe^{+3}). Para que ocurra este aumento en la carga positiva (+3). Para que haya pérdida de electrones, tiene que haber un medio que los “conduzca”. Este medio puede ser el aire y el agua: Como el agua contiene oxígeno disuelto, este favorece reacciones químicas que permiten la pérdida de electrones, oxidando el hierro y provocando que la molécula de Fe^{+3} se desprenda de la superficie metálica. Este proceso se ve favorecido por la alta temperatura (calor) del agua que acelera las reacciones químicas.

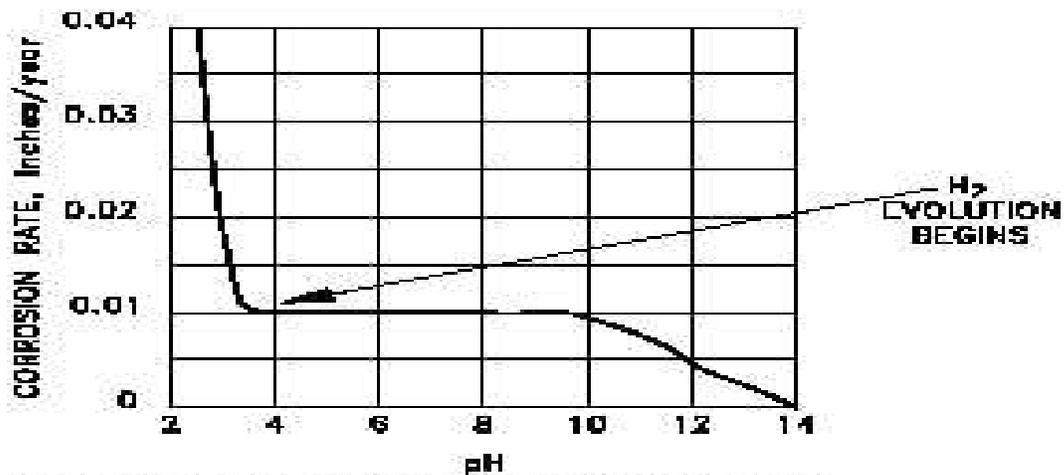
Existen otras condiciones que aceleran los procesos corrosivos, como por ejemplo, condiciones extremas de Ph (ácidas alcalinas), químicos, etc. Pero todo esto actúa en menor grado y generalmente se disminuyen su efecto manejando un Ph entre 10 y 12.

Por lo tanto controlando adecuadamente los parámetros fisicoquímicos del agua de la caldera, podemos disminuir considerablemente la velocidad de corrosión del hierro, pero nunca se podrá evitar.

Dentro del tratamiento químico actual que se está utilizando, hay un producto que secuestra el hierro (quelantes). Esto ayuda en gran forma que la caldera no tenga un proceso acelerado de corrosión y que se mantengan en óptimas condiciones las superficies metálicas

En la figura XVII se muestra El efecto de pH en la proporción de corrosión de hierro en el agua

Tabla XVIII Corrosión del hierro en el agua

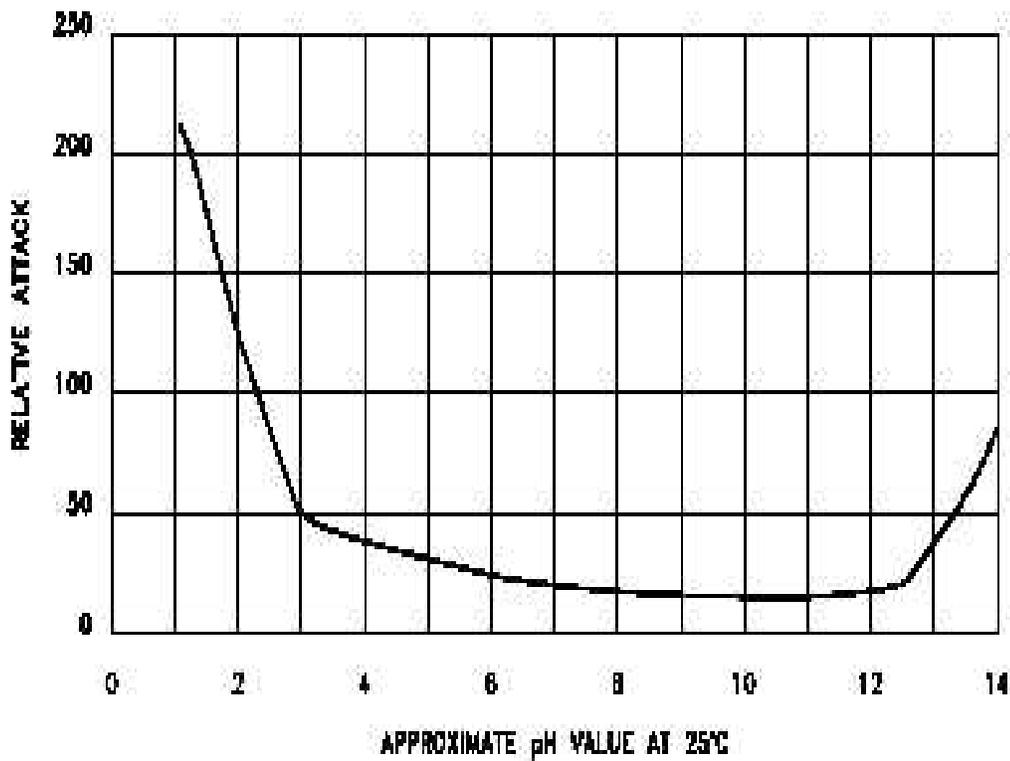


EFFECT OF pH ON THE CORROSION OF IRON EXPOSED TO AERATED WATER AT ROOM TEMPERATURE

Fuente: <http://www.tpub.com/content/>

En la figura XIX se muestra El efecto de pH en la proporción del ataque relativo de hierro en el agua

Tabla XIX Efecto de pH vrs. la oxidación



RELATIVE RATE OF ATTACK ON IRON BY SOFT WATER OF VARYING pH

Referencia: <http://www.tpub.com/content/>

Es de suma importancia revisar periódicamente el estado en que se encuentra la superficies metálicas de las caldera, para verificar que todo lo que se esta haciendo para evitar la corrosión esta dando buenos resultados, ya que no esta de mas mencionarlo otra vez que la corrosión es un proceso irreversible.

Para verificar el estado de las superficies metálicas se les pidió a las personas encargadas del mantenimiento de las calderas a que abrieran las calderas para verificar el estado de dichas superficies, y se pudo constatar que no hay evidencias de un proceso corrosivo acelerado, considerando que la

velocidad de corrosión normal esta bajo control. Únicamente se aprecian unos pequeños puntos colorados, mostrando una leve oxidación, que es oxidación leve, por así llamarlo.

Dicha verificación se debe realizar periódicamente. Lo ideal sería por lo menos cada año, que es un tiempo prudente para tomar una decisión en caso de que algo se este corriendo en el cuerpo de la cadera, en este caso puede ser cualquiera de las dos calderas con que cuenta la empresa, para satisfacer su demanda de vapor.

5.3 Instaladores de purgadores en las tuberías

Los purgadores automáticos o “POP DRAIN” son dispositivos que operan por presión, que internamente tiene un sistema de resorte y válvula tipo “balín”. Cuando el sistema opera más de 5psi, como es el caso de ROSAZU, la válvula caerá en su asiento y la fuerza del resorte no será capaz de retirarla al mismo. Cuando la presión desciende amenos de 5 psi. La fuerza del resorte se retirara la válvula de su asiento abriendo el sistema a la atmósfera y evacuando los condensados que quedaron en la línea. Estos se usan mucho en sistemas por problemas de congelamiento pero en este caso se utilizaran para drenar los condensados que quedan en la línea cuando hay algún paro, y así poder evitar problemas de golpe de ariete en el arranque por condensados acumulados.

Además el condensado sub-enfriado mantenido en equipos al actuar con dióxido de carbono puede producir “ácido carbónico” el cual es muy corrosivo. La salida de estos purgadores automáticos van a un drenaje cerca para evitar suciedad en la planta.

5.3.1 Área de Tintorería

Los purgadores automáticos se recomienda instalarlos en los puntos donde se acumula el condensado o en puntos que después de un paro sea fácil drenar toda una línea de vapor para evitar los golpes de ariete, a la hora de restablecer el vapor. En las todas las líneas de distribución de vapor.

En el área anteriormente mencionada se recomienda la instalación de 4 purgadores en las líneas siguientes:

- Tanque auxiliar de la máquina Saturno 4
- Final de línea de máquina Saturno 3
- Tanque auxiliar de la máquina Saturno 5
- Tanque auxiliar de la máquina Saturno 2

5.3.2 Área de Acabados

En esta área se recomienda instalar purgadores en una sola línea de vapor, esta se debe instalar en la línea de la maquina Termoset, esta máquina es la mas lejana con referencia de las calderas tiene una distancia de 62.5

metros, esta maquina realiza el proceso de termo fijar ciertos tejidos, por tal motivo no tiene una producción continua, básicamente funciona periódicamente, es por tal razón que es recomendable instalar un purgador automático, ya que en esa línea se pudo observar que cuando se necesita vapor para poner a trabajar la maquina se escuchaban demasiados golpes de ariete. Y gran parte de la tubería de hierro negro se observa bastante desgastada por la corrosión , al instalar un purgador automático se evitara la acumulación de condensados, calentamientos mas rápidos para los diferentes procesos como el cuidado de las tuberías, válvulas y sus respectivos accesorios en este caso la tubería es gran inversión ya que se esta hablando mas de 60 metros de tuberías con su respectivos accesorios, además al tener el condensado reposado en la tubería el producto químico que se utiliza para la reducción del CO₂ ,no podrá realizar su función y por el ende las tuberías sufrirán un daño irreversible.

5.4 Establecer un costo de vapor

El establecimiento de un costo de referencia para la generación de vapor es una forma muy efectiva para determinar la eficiencia de cualquier sistema de vapor. Este costo dependerá del tipo de combustible, costo unitario, la eficiencia de la caldera, la temperatura de agua de alimentación y la presión del agua de alimentación y la presión del vapor. Con esto se tendrá una primera aproximación del costo de la generación de vapor y servirá como

Herramienta para el registro y monitoreo del comportamiento de la caldera. En la tabla XX. Se muestra la cantidad de energía requerida para producir vapor en función del la presión y la temperatura del agua de alimentación a la caldera. La tabla muestra el contenido de energía por unidad comercial de la mayoría de combustibles usados en la generación de vapor.

Tabla XX Energía requerida para producir una libra de vapor saturado

Presión de operación	50 Psi	100 Psi	150 Psi	200 Psi	250 Psi
150	1.178	1.128	1.078	1.028	977
450	1.187	1.137	1.087	1.037	986
600	1.181	1.134	1.084	1.034	984

Fuente: www.spiraxsarco.com

Tabla XX Energía contenida y eficiencia de los combustibles

Tipo de combustible	Contenido de energía (Btu/sales unidad)	Eficiencia del combustible (%)
Gas natural (therm)	100,000	81.7
Gas natural	1,030	81.7
Destilado N.2	138,700	84.6
Residual N. 6	149,700	86.1
Coal	27,000,000	87.6

Fuente: www.spiraxsarco.com

Para poder obtener el costo unitario de vapor se necesita algunos parámetros para resolver esta incógnita:

- Combustible N. 6 es el utilizado para la generación de vapor.
- La presión a la que operan las calderas es de 150psi.

- La temperatura de agua de alimentación tiene un promedio de 210°C.
- El costo de bunker, tiene una variación muy frecuenten el mercado debido constante cambio del precio del barril de petróleo, por esta razón se revisaron lo precios del bunker durante los primeros 6 meses de este año, y se saco un promedio dando como resultado Q 14.25/Gal. Equivalente a \$ 1.82/Gal.

Combustible: Bunker 6, Precio \$ 1.82/Gal, según la tabla este producto tiene un poder calorífico de 149.700Btu/Gal.

Costo del vapor, 150Psig = \$ 1.82/ 149,700(Btu/Gal.) * 1000 * 998(Btu/Lbs.) * 100/86.1 =

Costo del vapor a 150Psig = \$ 14.02 / 1,000Lbs. Lo que equivale a

Costo del vapor a 150Psig = \$ 109.35 / 1,000Lbs.

5.5 Pérdidas de calor en calderas

Las mayores pérdidas de energía en una caldera piro tubular se producen a través de los gases que salen de la chimenea, por radiación o por purgas de vapor; es de suma importancia evitar estas pérdidas, ya que en el peor de los

casos, pueden representar hasta un 30% del combustible suministrado. La cantidad de vapor perdido depende de la temperatura y cantidad de volumen de gas que sale de la caldera. Por lo tanto, al reducir cualquiera de estos parámetros disminuirá la cantidad de calor perdido. Las siguientes son algunas medidas prácticas que pueden ayudar a minimizar las pérdidas a través de los gases de chimenea:

- Ajustar “el tiro” en el piso de la caldera.
- Ajustar el exceso de aire al nivel recomendado por el fabricante del quemador.
- Mantener limpias las superficies del intercambiador de calor.
- Recuperar el calor de los gases de chimenea.
- Controlar la infiltración del aire.

Asimismo, es necesario evitar las pérdidas por radiación, así como las purgas innecesarias. Estas son algunas recomendaciones al respecto:

Evitar pérdidas por radiación:

Es inevitable que una parte del calor de la combustión escape a través de las paredes de la caldera sin que sea absorbido por el agua. Sin embargo estar pérdidas de calor por radiación puede ser, controladas, por lo que se

recomienda: Aislar adecuadamente las paredes de la caldera, dar un mantenimiento adecuado a las capas del aislamiento y mantener en buen estado el refractario. Una caldera aislada adecuadamente tendrá, a plena carga, pérdidas de calor que no superan el 3%. Entre mayor sea la capacidad de la caldera, menor será el porcentaje de pérdidas de radiación.

Los valores a continuación mostrados en la tabla XXI se pueden utilizar de referencia.

Tabla XXI Pérdidas por radiación

PÉRDIDAS POR RADIACIÓN	
Tamaño de la caldera Kg. vapor / hora	Porcentaje de pérdidas
900000	0.5
45500	0.7
2300	0.9
9000	1.0

Fuente: www.conae.com.mx

CONCLUSIONES

1. Con el estudio realizado se pudo determinar la factibilidad de contar con sistema de vapor y distribución de vapor eficientemente. Esto se puede lograr con la implementación de programas de capacitación al personal, cambio de equipos en mal estado, eliminación de fugas, para así no incurrir en elevados costos por pérdidas de energía, también se debe aprovechar el condensado, ya que es energía renovable y por ende minimiza los costos para la generación de vapor.
2. Con el análisis realizado al sistema actual de distribución de vapor se pudo determinar que el sistema esta trabajando pero deficientemente, ya que se pudo verificar tuberías desnudas, fugas en las tuberías, trampas de vapor en mal estado, malos diseños de tuberías, así como falta de conocimiento de las personas que operan las calderas.
3. Con el análisis respectivo realizado a las trampas de vapor se pudo determinar la cantidad de energía que se esta perdiendo por el mal funcionamiento de las trampas, lo cual equivale a Q63,219 anualmente.
4. Con el programa de mantenimiento preventivo se puede preservar la vida útil del equipo utilizado para la distribución de vapor, reducción de costos por paros inesperados y tiempos muertos, así como la prevención de accidentes laborales y así crear una cultura de responsabilidad no sólo

en el personal a cargo si no a las personas encargas de producción de tan valioso equipo

5. Con el costo de vapor se tendrá una primera aproximación del costo de generación de vapor y servirá como una herramienta para el registro y monitoreo del comportamiento de las calderas basándose en la eficiencia del sistema de vapor

6. Con el análisis realizado a las tuberías que no cuentan con un material aislante térmico se pudo calcular la cantidad de calor que se esta perdiendo por la falta de dicho material, est pérdida energía equivale a Q72,630 anuales.

RECOMENDACIONES

AL ENCARGADO DE MANTENIMIENTO Y ENCARGADOS DE PRODUCCIÓN

1. Crear un programa de mantenimiento, en el cual se involucre a los operarios (mensual, trimestral y anual) con el objetivo de crearles conciencia sobre la importancia de mantener los equipos en óptimas condiciones para prolongar la vida útil del mismo.
2. Planificar las capacitaciones de análisis fisicoquímicos en una caldera para que el personal encargado de las calderas pueda tomar decisiones importantes en el cuidado básico de las calderas.
3. Poseer comunicación directa con la persona encargada de la bodega de repuestos para tener el control de las existencias y el manejo de repuestos y no incurrir en demoras por falta de repuestos.
4. Realizar revisiones periódicas a las herramientas del personal del departamento, ya que es de vital importancia que la herramienta con que cuenta sea la adecuada y que la misma se encuentre en buen estado para que la persona pueda desempeñar su trabajo de una forma ergonómica adecuada.

5. Crear rutinas de limpieza en las áreas de trabajo de toda la empresa para que el personal labore en un ambiente saludable, seguro y así evitar accidentes por condiciones inseguras en las distintas áreas de trabajo.

6. Organizar un plan de verificación de trampas de vapor, fugas de vapor o condensado en las tuberías, así como el estado del material aislante térmico, con el objetivo de reducir las pérdidas de energía al máximo y por ende, tener un sistema de distribución de vapor en condiciones óptimas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alvarado Molina, Gustavo Adolfo. Selección y mantenimiento de trampas de vapor. Ing, Mec. Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1987.
2. Baumsteir Theodore, Eugene A. **Manual del ingeniero mecánico 8va edición** Volumen II México Mc Graw Hill 1998.
3. Cotto Revolorio, Isai Estudio para la optimización del sistema de trampa de vapor, de la planta de saponificación, en colgate palmolive Trabajo de Graduación: Ing. Mec. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004.
4. Domínguez García, Estuardo. Efecto de la dosificación de productos químicos en la optimización y control del contenido de sólidos disueltos en el agua de calderas Trabajo de Graduación: Ing. Química. Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1989.
5. Monterroso Lucas, Danilo Antonio. Estudio y propuesta del mejoramiento de operación del sistema de generación de vapor en la empresa maderas milpa alta s.a Trabajo de Graduación Ing. Mec. Ind. Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004.
6. Gómez Ardon, Guillermo Darío. Guía de practicas para el curso de planas de vapor. Ing, Mec. Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1986.

7. Ortiz Ramírez, Mario René. Evaluación económica entre métodos de tratamiento de aguas para calderas. Ing, Mec. Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1987.

8. Soto Obediente, Jorge Raúl Diseño de líneas de vapor. Trabajo de Graduación: Ing. Mec. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1972.

ANEXOS

Tabla XXII Vapor saturado

	Gauge Pressure psig	Temper- ature °F	Heat in Btu/lb			Specific Volume ft ³ /lb
			Sensible	Latent	Total	
INS. VAC.	25	134	102	1017	1119	142
	20	162	129	1001	1130	73.9
	15	179	147	990	1137	51.3
	10	192	160	982	1142	39.4
	5	203	171	976	1147	31.8
	0	212	180	970	1150	26.8
	1	215	183	968	1151	25.2
	2	219	187	966	1153	23.5
	3	222	190	964	1154	22.3
	4	224	192	962	1154	21.4
	5	227	195	960	1155	20.1
	6	230	198	959	1157	19.4
	7	232	200	957	1157	18.7
	8	233	201	956	1157	18.4
	9	237	205	954	1159	17.1
10	239	207	953	1160	16.5	
12	244	212	949	1161	15.3	
14	248	216	947	1163	14.3	
16	252	220	944	1164	13.4	
18	256	224	941	1165	12.6	
20	259	227	939	1166	11.9	
22	262	230	937	1167	11.3	
24	265	233	934	1167	10.8	
25	267	234	933	1169	10.3	
26	268	236	933	1169	10.3	
28	271	239	930	1169	9.85	
30	274	243	929	1172	9.46	
32	277	246	927	1173	9.10	
34	279	248	925	1173	8.75	
35	281	250	924	1174	8.6	
36	282	251	923	1174	8.42	
38	284	253	922	1175	8.08	
40	286	256	920	1176	7.82	
42	289	258	918	1176	7.57	
44	291	260	917	1177	7.31	
45	292	261	916	1177	7.21	
46	293	262	915	1177	7.14	
48	295	264	914	1178	6.94	
50	298	267	912	1179	6.68	
55	307	277	906	1180	6.27	
60	312	282	901	1183	5.84	
65	316	286	898	1184	5.48	
75	320	290	895	1185	4.91	
80	324	294	891	1185	4.67	
85	328	298	889	1187	4.44	
90	331	302	886	1188	4.24	
95	335	305	883	1188	4.05	
100	338	309	880	1189	3.89	
105	341	312	878	1190	3.74	
110	344	316	875	1191	3.59	
115	347	319	873	1192	3.46	
120	350	322	871	1193	3.34	
125	353	325	868	1193	3.23	
130	356	328	866	1194	3.12	
140	361	333	861	1194	2.92	
145	363	336	859	1195	2.84	
150	366	339	857	1196	2.74	
155	368	341	855	1196	2.68	

Tabla XXIII Pérdidas de calor en tuberías desnudas y en superficies

planas

en BTU/ hr x pie² x °F

Diferencia de temperatura entre la superficie y el ambiente

Diámetro Pulgada	50°F	100°F	150°F	200°F	250°F	300°F	3.50
0.5	2.12	2.48	2.8	3.1	3.42	3.74	4.07
1	2.08	2.43	2.74	3.4	3.35	3.67	4
1.25	2.04	2.38	2.69	2.99	3.3	3.61	3-94
1.50	2	2.34	2.64	2.93	3.24	3.55	3.88
2.00	1.98	2.31	2.61	2.9	3.2	3.52	3.84
2.50	1.95	2.27	2.56	2.85	3.15	3.46	3.78
3.00	1.92	2.23	2.52	2.81	3.11	3.42	3.74
3.50	1.89	2.2	2.49	2.77	3.07	3.37	3.69
4.00	1.87	2.18	2.46	2.74	3.04	3.34	3.66
4.50	1.85	2.16	2.44	2.72	3.01	3.32	3.66
5.00	1.84	2.14	2.42	2.7	2.99	3.3	3.62
5.50	1.83	2.13	2.4	2.68	2.97	3.28	3.59
6.00	1.8	2.1	2.37	2.65	2.94	3.24	3.55
6.50	1.78	2.08	2.35	2.63	2.91	3.21	3.52
7.00	1.76	2.06	2.33	2.6	2.89	3.19	3.5
7.50	1.75	2.05	2.32	2.59	2.87	3.17	3.48
8.00	1.74	2.03	2.3	2.57	2.85	3.15	3.46

Referencia Augusto Enrique, Lieb Nájera propuesta de mejoramiento
De la administración en el sistema de vapor de una planta confitera

REPORTE DE ANÁLISIS DE MUESTRAS

1. INFORMACIÓN GENERAL

Tipo de muestra: Resinas cationicas

Proveniente de: Suavizador # 1
Realizado por: Ing. Julio Franco
Enviado por: Ing. Álvaro Chocano
Revisado por: Ing. Olga Contreras
Fecha: 6 de febrero de 2004.

2. PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS

Descripción: Resina cationica
Tamaño Esferas de resina de tamaño no uniformé
Color Café
Condición Se observa fragmentos de resina de un 5%.
No observa malformación, no hay rajaduras evidentes en las esferas. no se observa crecimiento de algas, aunque la superficie de las algas, aunque la superficie de las esferas presenta cierta rugosidad.

3. ANÁLISIS DE RUTINA

Análisis practicados
Capacidad de intercambio (meq/ml):
% Humedad
Enlodamiento con hierro (vsc):
Enlodamiento Orgánico (vsc):

4. OBSERVACIONES

Comparada con una resina nueva, su porcentaje de capacidad de intercambio iónico es de 49.55%. La resina puede continuar utilizándose, con la observación de que debido a que su capacidad de intercambio es baja, se requerirán cantidades elevadas de sal para su regeneración. Es recomendable hacer una limpieza ácida con el fin de eliminar el rodamiento con hierro y de esta manera mejorar las condiciones de la resina.

REPORTE DE ANÁLISIS DE MUESTRAS

1. INFORMACIÓN GENERAL

Tipo de muestra: Resinas cationicas

Proveniente de: Suavizador # 2
Realizado por: Ing. Julio Franco
Enviado por: Ing. Álvaro Chocano
Revisado por: Ing. Olga Contreras
Fecha: 26 de septiembre del 2005.

2. PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS

Descripción: Resina cationica
Tamaño Esferas de resina de tamaño no uniformé
Color Café
Condición Se observa fragmentos de resina de un 25%.
No se observa malformación, no hay rajaduras evidentes en las esferas. no se observa crecimiento de algas, aunque la superficie de las algas, aunque la superficie de las esferas presenta cierta rugosidad.

3. ANÁLISIS DE RUTINA

Análisis practicados

Capacidad de intercambio: 0.90,Eq/ml
% Humedad 49.31%
Enlodamiento con hierro (vsc) 7-10 VSC, enlodamiento medio
Enlodamiento Orgánico (vsc): 0-1 VSC, enlodamiento despreciable

4. OBSERVACIONES

Comparada con una resina nueva, su porcentaje de capacidad de intercambio iónico es de 40.91%. La resina puede continuar utilizándose, con la observación de que debido a que su capacidad de intercambio es baja, se requerirán cantidades elevadas de sal para su regeneración. Es recomendable hacer una limpieza ácida con el fin de eliminar el rodamiento con hierro y de esta manera mejorar las condiciones de la resina

REPORTE DE ANÁLISIS DE MUESTRAS

1. INFORMACIÓN GENERAL

Tipo de muestra: Resinas cationicas

Proveniente de: Suavizador # 3
Realizado por: Ing. Julio Franco
Enviado por: Ing. Álvaro Chocano
Revisado por: Ing. Olga Contreras
Fecha: 6 de septiembre del 2006

2. PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS

Descripción: Resina cationica
Tamaño Esferas de resina de tamaño no uniformé
Color Café
Condición Se observa fragmentos de resina de un 20%.
No se observa malformación, no hay rajaduras evidentes en las esferas. no se observa crecimiento de algas, aunque la superficie de las algas, aunque la superficie de las esferas presenta cierta rugosidad.

3. ANÁLISIS DE RUTINA

Análisis practicados

Capacidad de intercambio	1.34 Eq/ml
% Humedad	52.11%
Enlodamiento con hierro (vsc)	5-6 VSC, enlodamiento ligero
Enlodamiento Orgánico (vsc):	2-3 VSC, enlodamiento muy ligero

4. OBSERVACIONES

Comparada con una resina nueva, su porcentaje de capacidad de intercambio iónico es de 6.91%. La resina puede continuar utilizándose, con la observación de que debido a que su capacidad de intercambio es baja, se requerirán cantidades elevadas de sal para su regeneración. Es recomendable monitorear la presencia de hierro y planificar una limpieza ácida cuando esta aumente con el fin de eliminar el enlodamiento con hierro.